



FINAL PROJECT - TM 141585

**STUDY KELAYAKAN HARGA PEROLEHAN GAS CNG DI BAWEAN
SEBAGAI PENGANTI HSD UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MESIN GAS**

Yesty Magfiroh
NRP 2109 100 025

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT - TM 141585

**THE FEASIBILITY STUDY OF PRICE ACQUISITION COMPRESSED
NATURAL GAS IN BAWEAN AS HIGH SPEED DIESEL SUBTITUTE FOR
GAS ENGINE POWERPLANT**

Yesty Magfiroh
NRP 2109 100 025

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
SURABAYA 2015



**STUDI KELAYAKAN HARGA PEROLEHAN GAS CNG DI
BAWEAN SEBAGAI PENGGANTI HSD UNTUK
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN GAS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Bidang Studi Konversi Energi Program
Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :
YESTY MAGFIROH
Nrp. 2109 100 025

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr.Ir.Djarmiko Ichsani,M.Eng
(NIP. 195310191979031002) (Pembimbing)
2. Ir.Sudjud Darsopuspito, MT
(NIP.194908291976031002) (Penguji I)
3. Ary Bachtiar K.P., ST, MT, PhD
(NIP. 19710524199702001) (Penguji II)
4. Dr.Bambang Sudarmanta, ST, MT
(NIP.197301161997021001) (Penguji III)

**SURABAYA
JULI 2015**



halaman ini sengaja dikosongkan



STUDI KELAYAKAN HARGA PEROLEHAN GAS CNG DI PULAU BAWEAN SEBAGAI PENGGANTI HSD UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN GAS

Nama Mahasiswa : YESTY MAGFIROH
NRP : 2109 100 025
Jurusan : Teknik Mesin FTI – ITS
Dosen Pembimbing : PROF.DR.IR. DJATMIKO
ICHSANI,M.ENG

Abstrak

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Kebutuhan listrik yang semakin tinggi menjadi tantangan bagi pemerintah serta PLN yang merupakan pemasok listrik dalam negeri. Salah satu defisit ekonomi Indonesia dikarenakan impor negara masih lebih tinggi, terutama untuk minyak. Solusi terbaik untuk menyelesaikan problem ini adalah melakukan diversifikasi energi dari bahan bakar minyak ke bahan bakar gas. Bahan bakar gas terutama CNG sangat cocok diterapkan di Indonesia. Salah satunya Pulau Bawean. Pulau Bawean yang disuplai 4 unit PLTD dengan menggunakan BBM HSD rencananya akan diganti dengan BBG CNG untuk PLTMG. Untuk itu perlu dibangun fasilitas penyediaan gas di pulau Bawean. Pembangunan beberapa fasilitas harus dihitung secara cermat baik dari segi teknik maupun ekonomi.

Proses analisa dilakukan secara teknik dan ekonomi. Dimulai dengan perhitungan konsumsi listrik di Pulau Bawean, pertimbangan daya tertinggi untuk pemilihan genset, perhitungan sfc genset, perhitungan kebutuhan gas di Pulau Bawean, perhitungan gas yang akan dibawa ke Bawean, perhitungan spesifikasi spesifikasi peralatan utama seperti compressor, CNG storage, Kapal pengangkut, Skid di Bawean, Pressure Reducing System. Kemudian dilanjutkan dengan analisa

secara ekonomi dengan menggunakan kriteria Biaya investasi dan biaya operasi.

Dari analisa ini didapatkan spesifikasi peralatan utama PLTMG diantaranya: CNG Kompresor Temperatur masuk 30° c, Tekanan masuk 2Mpa, daya 567,89 kw, kapasitas 4831,6 NCMH, CNG Storage kapasitas berat total 29888 kg, tekanan kerja 25 MPA, temperatur kerja -40°c-60°c, PRU tekanan masuk 250 bar, tekanan keluar 3 bar; spesifikasi kapal LOA 48 meter lebar 9 m, tinggi 3,5 meter, main engine 2x405HP, spesifikasi pipa ke kompresor diameter 3 in dan Schedule 40; spesifikasi pipa dari kompresor ke skid adalah diameter pipa 1 in schedule xxs; spesifikasi pipa dari dermaga ke daughter station adalah diameter pipa 1 in schedule xxs. Harga perolehan gas di Pulau Bawean yakni Rp 10.381,00 lebih murah dibandingkan dengan harga 1 liter HSD yang berkisar Rp 11 060,27.

Kata Kunci: PLTMG, Gas Alam, CNG, Pulau Bawean,

THE FEASIBILITY STUDY OF PRICE ACQUISITION COMPRESSED NATURAL GAS IN BAWEAN AS HIGH SPEED DIESEL SUBSTITUTE FOR GAS ENGINE POWERPLANT

Name : YESTY MAGFIROH
NRP : 2109 100 025
Department : Mechanical Engineering FTI - ITS
Supervisor : PROF. DR. IR. DJATMIKO ICHSANI,
M.ENG

Abstract

Electrical energy in Indonesia continues to increase with increasing economic growth. The higher demand for electricity become a challenge for the government and PLN which is a supplier of electricity in Indonesia. One of the economic deficit in Indonesia because the country imports is still higher, particularly for oil. The best solution to resolve this problem is to diversify energy from fuel oil to gas fuel. Especially CNG fuel gas is very suitable to be applied in Indonesia. Bawean island supplied four diesel power units using HSD fuel planned to be replaced with CNG for PLTMG. It is necessary to build facilities for the supply of gas in Bawean island. Construction of some facilities must be calculated in both technical and economic analysis.

The process includes the technical and economic analysis. Starting with the calculation of power consumption in the Bawean island, using the highest power to selection the gas engine, calculate specific fuel consumption of gas engine, calculation of gas which needs in Bawean Island a day, calculation of gas that will be taken to Bawean, calculation of specifications of major equipment such as compressor, CNG storage, transport vessels, Pressure Reducing System. Then proceed with the economic analysis using the criteria of investment costs and operating costs.

The results obtained from this analysis are the spesification of CNG Compressor are inlet temperature 30 ° C , Inlet pressure 2Mpa , power 567.89 kw, capacity of 4831.6 NCMH ; CNG storage , total weight of 29 888 kg,working pressure 25 MPA , the working temperature -40oc -60oc; PRU inlet pressure of 250 bar , the outlet pressure 3 bar ; vessel specifications LOA 48 meters width 9 m , height of 3.5 meters , the main engine Yanmar 2x405HP , Pipe diameter specifications, from gas tapping to compressor are 3 in and Schedule 40 ; pipe specifications from the compressor to skid is diameter of the pipe 1 in and schedule XXS ; pipe specification from the skid in vessel to the daughter station is diameter of the pipe 1 in and the schedule XXS . The acquisition price of gas for Bawean Island is Rp 10 381,00. This is cheaper than the price of 1 liter HSD ,Rp 11 060,27

Keywords: high pressure heater, performance analysis



KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis curahkan sepenuhnya kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan mendukung baik secara moril maupun materil dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan saran, motivasi, dan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis. Terima kasih atas kesabarannya selama membimbing penulis.
2. Kedua orang tua tercinta, adik Mida yang senantiasa memberi dukungan dan doa hingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Sudjud Darsopuspito, MT.,, Bapak Ary Bachtiar KP, ST., MT., PhD., dan _Dr. Bambang Sudarmanta , ST, MT., selaku dosen penguji proposal tugas akhir dan tugas akhir penulis, terima kasih atas saran-saran yang telah diberikan.
4. Ibu Dr. Wiwiek Hendrowati, ST., MT dan Dr. Harus Laksana Guntur selaku Dosen wali penulis, terima kasih atas kebaikan, perhatian, dan saran-saran yang telah ibu dan bapak berikan selama ini.
5. Bapak Ir. Bambang Pramujati, MSc. Eng. PhD selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis untuk segera menyelesaikan studinya.
6. Ibu Farida, selaku dosen pembimbing Kerja Praktek I penulis, terima kasih atas ilmu pengetahuan yang diberikan selama ini.
7. Bapak Ir. Sudjud Darsopuspito MT.,, selaku dosen pembimbing Kerja Praktek II penulis dan pembimbing



Tugas Akhir Konversi Energi

Perencanaan Elemen Mesin penulis, terima kasih atas ilmu pengetahuan yang diberikan selama ini.

8. Seluruh Dosen dan karyawan jurusan Teknik Mesin ITS,
9. Keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan doa, dan dukungannya kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Rekan seperjuangan penulis, Rosita Suroso, Yon dan dina yang selalu memberikan dukungan dan kerja sama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Rekan seperjuangan Kerja praktek yesty, devia, Ria ,nafa, terimakasih banyak. Teman seperjuangan kuliah, nung. Terimakasih sudah selalu mau direpoti.
12. Sahabat penulis Dani, Dina, Rista, Devy, Rosita, Yon, Luki, Shelly, Afin, Karina, Viki, dan teman-teman cewek M52 terima kasih atas cerita dan motivasinya yang selalu memberikan inspirasi dan semangat penulis untuk selalu menjadi lebih maju.
13. Teman-teman satu angkatan M52, terima kasih atas semuanya telah menjadi keluarga terdekat penulis selama kuliah di Teknik Mesin.
14. Teman-teman satu kelas SMA Negeri 1 Ponorogo
15. Teman-teman satu kosan, amel, mbak laras, mbak cici, fani, mbak khalim, mbak li, widi, semuanya, teman rumah, uvy, yuni, devi, terimakasih semuanya.
16. Teman-teman Dimensi HMM-ITS, terima kasih atas persahabatan dan pengalaman yang berharga selama menjadi pengurus.
17. Teman-teman lab. Perpindahan Panas terima kasih atas doa dan dukungannya.
18. Seluruh civitas akademik Teknik Mesin ITS.
19. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan oleh penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu saran dan masukan dari semua pihak sangat penulis harapkan. Penulis berharap



semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan sumbangsih bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Juli 2015

Penulis



halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 DasarTeori	6
2.2.1 Gambaran Umum Pulau Bawean	6
2.2.2 Bahan Bakar Gas	7
2.2.2.1 Teknologi CNG	8
2.2.3 Proses Transfer Gas dari UP Gresik	10
2.2.3.1 Proses di sisi <i>Mother Station</i>	11
2.2.3.2 Proses di sisi <i>Transportasi</i>	11
2.2.3.3 Proses di sisi <i>Daughter Station</i>	11
2.2.4 Peta Situasi	11
2.2.5 Peralatan pada fasilitas penyediaan pasokan gas CNG.....	12
2.2.5.1 <i>Compressor</i>	12
2.2.5.2 <i>Piping System</i>	12
2.2.5.3 Kapal pengangkut CNG	13



2.2.5.4 CNG Storage cylinder/skid	13
2.2.5.5 Pressure Reducing System	14
2.2.6 Dasar Termodinamika dan mekanika fluida	14
2.2.6.1 Steel Pipe Design Formula	14
2.2.6.2 Pressure drop pada pipa	15
2.2.6.3 Dasar Termodinamika	15
2.2.7 Dasar Ekonomi	16
2.2.7.1 Biaya Investasi	16
2.2.7.2 Biaya Modal Kerja	17
2.2.7.3 Biaya Operasi	17
2.2.7.5 Analisa Perolehan harga gas	18
2.2.7.5.1. Biaya investasi	18
2.2.7.5.2 Biaya produksi	18
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Analisa	19
3.1.1 Deskripsi Proses	20
3.2 Data Pendukung	20
3.2.1 Kurva Beban Listrik di Pulau Bawean	21
3.3 Proses Pengerjaan	21
3.3.1 Analisa Teknik	21
3.3.2 Analisa Biaya	22
3.4 Flowchart Proses Pengerjaan	23
3.5 Flowchart Perhitungan	24
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Analisa Teknik	27
4.1.1 Kebutuhan gas di Pulau Bawean	27
4.1.2 Sistem di Gresik	29
4.1.2.1 Perhitungan spesifikasi pipa dari gas tapping ke CNG kompresor	30
4.1.2.2 Pemilihan kompresor	33
4.1.2.3 Perhitungan diameter pipa dari skid - dermaga	36
4.1.2.4 Pemilihan flexible hose	38
4.1.3 Sistem di Transportasi	38



4.1.3.1 Perhitungan jumlah skid	38
4.1.3.2 Perencanaan kapal pengangkut CNG	40
4.1.4 Sistem di Bawean	41
4.1.4.1 Komponen utama PLTMG di Bawean	41
4.1.4.2 Perhitungan sistem perpipaan.....	42
4.1.4.3 Perhitungan spesifikasi di kompresor	44
4.1.4.4 Perhitungan sistem di PRU	49
4.2 Analisa Finansial	52
4.2.1 Asumsi dalam kajian finansial	52
4.2.2 Konsumsi gas per tahun	53
4.2.3 Biaya produksi dari biaya investasi	54
4.2.4 Biaya operasi	55
4.2.4.1 Biaya pemanasan di Gresik	56
4.2.4.2 Biaya transportasi di laut.....	57
4.2.4.3 Biaya kompresi di pulau Bawean.....	61
4.2.4.4 Biaya dekompresi.....	62
4.2.4.5 Perhitungan biaya pipa.....	63
4.2.3 Harga perolehan gas	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
BIODATA PENULIS	
LAMPIRAN	



halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perkembangan Jumlah Pelanggan	1
Tabel 1.2 Proyeksi Kebutuhan Tenaga Listrik	2
Tabel 1.3 NeracaPerdagangan Indonesia Periode 2009-2014	2
Tabel 2.1 Properties CNG	9
Tabel 2.2 Kandungan <i>natural gas</i>	9
Tabel 4.1 waktu kapal berlayar	29
Tabel 4.2 data gas	30
Tabel 4.3 waktu kapal berlayar	33
Tabel 4.4 pemilihan jumlah kompresor	36
Tabel 4.5 Spesifikasi kompresor 4	36
Tabel 4.6 Propertis gas	36
Tabel 4.7 waktu yang dibutuhkan	39
Tabel 4.8 Spesifikasi CNG Storage	40
Tabel 4.9 Spesifikasi kapal	41
Tabel 4.10 data gas	42
Tabel 4.11 Tekanan dan temperatur kondisi 1 sd 5	49
Tabel 4.12 Harga beli komponen utama	53
Tabel 4.13 Spesifikasi kapal	57
Tabel 4.14 Harga Perolehan gas	63



halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Pulau Bawean	6
Gambar 2.2 Proses Alur Gas	10
Gambar 2.3 Proses pembawaan gas dari UP Gresik ke Pulau Bawean.....	10
Gambar 2.4 Peta situasi pengambilan gas	12
Gambar 2.5 Kompresor	12
Gambar 2.6 kapal CNG	13
Gambar 2.7 CNG Storage.....	13
Gambar 2.8 PRS	14
Gambar 2.9 Pipa	15
Gambar 3.1 Kurva Beban Listrik di P.Bawean	21
Gambar 4.1 Kurva Beban Listrik di P.Bawean	27
Gambar 4.2 Kapal.....	40
Gambar4.3 skema skid di kapal, kompresor dan skid di daughter station.....	44
Gambar 4.4 gas pada skid di kapal masih penuh.....	45
Gambar4.5 gas telah setimbang baik tekanan maupun temperatur	45
<u>Gambar4.6</u> skema skid di kapal, kompresor dan skid di daughter station.....	47
Gambar 4.7 skema pru.....	49



halaman ini sengaja dikosongkan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Kebutuhan listrik yang semakin tinggi menjadi tantangan bagi pemerintah serta PLN yang merupakan pemasok listrik dalam negeri untuk meningkatkan segala fasilitas maupun sarana untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pada tabel 1.1 terlihat bahwa Realisasi jumlah pelanggan dari tahun 2008 sampai dengan 2013 mengalami peningkatan dari 38,6 juta menjadi 49,5 juta atau bertambah 2,7 juta tiap tahunnya[1].

Tabel 1.1 Perkembangan Jumlah Pelanggan

Jenis Pelanggan	2008	2009	2010	2011	2012	2013*)
Rumah Tangga	35.835	36.897	39.109	42.348	45.991	48.608
Komersial	1.687	1.770	1.878	2.019	2.175	2.257
Publik	1.052	1.165	1.148	1.214	1.300	1.365
Industri	46	48	48	50	52	51
Total	38.621	39.880	42.182	45.631	49.519	52.280

Sumber: RUPTL Tahun 2013 s.d. 2022 - PT PLN

Indonesia membutuhkan tambahan pasokan listrik sekitar 5700 Mega Watt (MW) hingga tahun 2022. Jika tidak ada pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut maka diperkirakan Indonesia akan mengalami krisis listrik.

Ada banyak tantangan untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut yaitu kondisi sosial dan geografis seperti banyaknya pulau terpencil yang belum dialiri listrik serta tantangan pendanaan. Dana yang dibutuhkan mencapai sekitar Rp 80 triliun untuk memenuhi kebutuhan listrik itu[2]. Jika kebutuhan listrik tidak terpenuhi, maka ekonomi akan berhenti, banyak pengangguran, penambahan daya dan pasokan tidak bisa dilayani. Pertumbuhan ekonomi serta kebutuhan listrik terlihat pada



Tabel. 1.2 Proyeksi Kebutuhan Tenaga Listrik

Tahun	Pertumbuhan Ekonomi (%)	Persentase Energi (GWh)	Produksi Energi (GWh)	Beban Puncak (MW)	Pelanggan
2013	6,00	3,925	4.137	730	991.517
2014	6,40	4.271	4.500	793	1.071.517
2015	7,37	4.656	4.905	861	1.144.055
2016	7,37	5.079	5.351	936	1.217.950
2017	7,37	5.537	5.832	1.017	1.288.056
2018	7,37	6.037	6.359	1.106	1.356.410
2019	7,37	6.585	6.925	1.202	1.427.677
2020	7,37	7.164	7.545	1.307	1.501.977
2021	7,37	7.840	8.255	1.422	1.552.374
2022	7,37	8.557	9.009	1.548	1.601.704
Growth (%)	7,14	9,04	9,03	9,70	5,48

Sumber: RPUTL 2010-2019

Di sisi lain, ekonomi Indonesia mulai lesu. Hal ini terlihat dari data Tabel 1.3 neraca perdagangan Indonesia periode 2009-2014. Defisit ekonomi di Indonesia dikarenakan impor negara masih lebih tinggi, terutama untuk minyak. Ini dikarenakan masyarakat Indonesia menggunakan 63% BBM untuk memenuhi kebutuhan energi[3].

Tabel 1.3 Neraca Perdagangan Indonesia Periode 2009-2014

NO	Uraian	2009	2010	2011	2012	2013	TREND(%) 2009-2013	Jan-Pet 2013	2013	2014	CHANGE(%) 2014/2013
I	EXPORT	116.510,0	187.779,1	203.496,0	130.020,1	162.551,8	11,45	30.391,1	29.042,9		-4,44
	- OIL & GAS	19.018,3	28.039,0	41.477,0	36.977,3	32.633,0	14,63	8.221,2	6.162,0		-1,13
	- NON OIL & GAS	97.491,7	129.739,5	162.019,0	193.042,8	149.918,8	10,80	25.169,9	23.880,9		-5,12
II	IMPORT	96.029,2	130.663,3	177.430,0	191.068,0	166.028,7	18,03	30.703,6	28.701,5		-6,70
	- OIL & GAS	18.960,7	27.432,7	40.701,5	42.504,2	46.206,4	24,34	7.096,3	3.009,2		-7,89
	- NON OIL & GAS	77.068,5	108.230,0	136.734,0	149.125,1	119.822,3	10,34	23.165,2	21.693,0		-6,31
III	TOTAL	213.339,3	293.442,4	380.932,2	361.709,0	309.180,6	14,87	61.154,8	57.744,4		-5,68
	- OIL & GAS	37.999,0	55.452,3	82.178,0	79.541,4	77.839,4	19,08	12.829,0	12.170,2		-5,14
	- NON OIL & GAS	175.340,3	237.990,1	298.753,6	352.168,1	291.281,1	13,36	46.325,1	45.574,2		-5,60
IV	BALANCE	19.860,8	22.115,8	26.061,1	-1.669,4	-4.076,9	0,00	-372,4	341,4		-191,67
	- OIL & GAS	37,0	620,9	775,5	-6.580,9	-12.633,4	0,00	-3.387,1	-1.846,2		-22,00
	- NON OIL & GAS	19.843,2	21.488,9	25.285,5	3.917,0	9.556,5	-28,57	2.014,7	2.187,0		8,08

Sumber: BPS, Processed by Trade Data and Information Center, Ministry of Trade

Solusi terbaik untuk menyelesaikan problem ini adalah melakukan diversifikasi energi sesuai amanat Undang-Undang nomor 30 tahun 2007 tentang perlunya diversifikasi energi untuk mengurangi penggunaan minyak bumi[4]. Bahan bakar gas terutama CNG sangat cocok diterapkan di Indonesia dengan



kondisi kepulauan. Salah satunya Pulau Bawean. Pulau Bawean yang disuplai 4 unit pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan menggunakan BBM HSD rencananya akan diganti dengan BBG CNG (*Compressed Natural Gas*) untuk PLTMG. Yang menjadi masalah adalah di P. Bawean belum ada fasilitas penyedia pasokan gas. Untuk itu perlu dibangun fasilitas penyediaan gas di pulau Bawean, dimana gas direncanakan berasal dari Gresik. Pembangunan beberapa fasilitas tentunya harus dihitung secara cermat baik dari segi teknik maupun secara ekonomi. Untuk mengetahui apakah proyek ini menguntungkan atau tidak maka perlu dilakukan Studi kelayakan harga perolehan gas CNG di Bawean sebagai pengganti HSD untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji adalah apakah proyek pembangunan CNG di pulau Bawean layak sebagai pengganti HSD untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTM-G)

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisa teknik serta menentukan spesifikasi peralatan utama PLTMG
2. Menghitung harga perolehan gas di Pulau Bawean yang meliputi harga pokok gas di tambah dengan biaya kompresi, transportasi dan dekompresi.
3. Membandingkan harga gas di pulau Bawean dengan harga HSD untuk subsidi

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan diatas maka manfaat penelitiannya adalah:

1. Memperluas pengetahuan tentang studi teknik mengenai sistem CNG, peralatan utama PLTMG yang meliputi



penentuan spesifikasi serta analisa finansial secara ekonomi teknik

2. Mengetahui kelayakan sistem CNG untuk pembangkit di Pulau Bawean
3. Melakukan program diversifikasi energi dari BBM (Bahan Bakar Minyak) ke BBG (Bahan Bakar Gas)
4. Mengurangi ketergantungan PLN terhadap penggunaan BBM
5. Ikut mengurangi tingkat pencemaran udara yang disebabkan oleh pembakaran BBM

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diperlukan batasan masalah agar analisa dan kajian yang dilakukan lebih terarah. Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Analisa berdasarkan konsumsi energi listrik di Pulau Bawean
2. Analisa penelitian hanya dibatasi pada *analisa teknik serta analisa finansial*
3. Analisa kelayakan lingkungan dan analisa kelayakan resiko tidak diikutsertakan
4. Spesifikasi peralatan seperti kompresor, skid, *pressure reducing system* terbatas pada tekanan dan temperatur kerja yang pada umumnya dipakai
5. Kajian finansial harga perolehan gas CNG di Bawean sebagai pengganti HSD untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) dilakukan untuk periode studi selama 15 tahun
6. kelayakan harga perolehan gas dianalisa berdasarkan biaya investasi dan biaya operasi



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Cipto Hadi Purnomo dalam penelitiannya yang berjudul *“Kajian Teknis Dan Ekonomis Pengganti Sistem Bahan Bakar Residu Menjadi Gas Pada Pt. Indonesia Power Ubp Perak-Grati Sub Unit Perak”* Menganalisis tentang kelayakan desain PLTU perak menjadi gas secara teknik dan ekonomi.

Langkah yang dilakukan yaitu memilih bahan bakar Sebelum mendesign sistem berbahan bakar gas pada PT. Indonesia Power. Pada pemilihan bahan bakar terlebih dahulu dibahas mengenai karakteristik dari masing-masing bahan bakar, harga dan cadangan bahan bakar, Selanjutnya dipilih bahan bakar yang mempunyai karakteristik bagus, harga murah, dan mempunyai cadangan yang besar. Setelah mengetahui spesifikasi dari boiler, maka akan diketahui pula mengenai berapa besar kebutuhan bahan bakar yang digunakan pada proses PLTU tersebut. Dengan bergantinya bahan bakar yang digunakan, maka burner yang digunakan juga tidak akan sama karena akan berpengaruh terhadap proses pembakaran. Pemilihan burner dilakukan berdasarkan kriteria gas yang digunakan Untuk mendesign dari PLTU bersistem lama yaitu residu konvensional menjadi gas harus melihat kondisi lingkungan tempat PLTU tersebut berdiri. Dalam tahap ini berkaitan dengan design sistem. Diantaranya adalah kapasitas tangki cadangan yang dibutuhkan ketika *supply* bahan bakar dari Pertamina mengalami trouble, kebutuhan bahan bakar, pemilihan *burner*, dan *pressure regulator*. Setelah mendesign sistem tersebut, langkah selanjutnya adalah analisa ekonomis. Analisa ekonomis digunakan untuk menentukan berapa besar biaya yang dibutuhkan dalam sistem berbahan bakar gas ini.

Hasil penelitian tersebut adalah Setelah dilakukan analisa dan perhitungan ekonomis, ternyata pembangkit listrik dengan



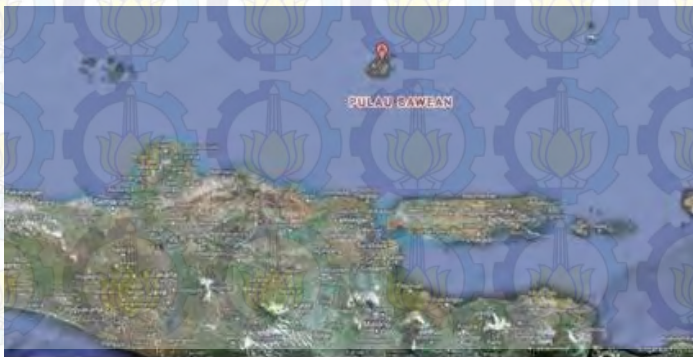
bahan bakar MFO membutuhkan biaya lebih besar daripada dengan memakai bahan bakar CNG[5].

Fidhiarta Andhika, dalam penelitiannya yang berjudul *“Study Kelayakan Pembangunan PLTM Lubuk Gadang”* menganalisis tentang analisa teknik yang meliputi desain elevasi bak penenang panjang saluran pengantar dan saluran desain PLTM Lubuk Gadang yang memberikan biaya pembangunan per kapasitas terendah, menentukan debit air PLTM Lubuk Gadang yang memberikan harga biaya pembangunan perkapasitas terendah serta melakukan analisa finansial terhadap usulan desain PLTM Lubuk Gadang apakah layak ekonomis atau tidak.

Dalam penelitiannya tersebut, analisa finansial menghitung biaya konstruksi, identifikasi biaya operasional PLTM dimana biaya operasional terdiri dari biaya tetap dan tidak tetap. Hasil penelitian tersebut memberikan kesimpulan bahwa proyek dikatakan layak karena menghasilkan nilai yang positif $> \text{Rp.0,-}$. Sedangkan dari analisis IRR diperoleh tingkat pengembalian modal sebesar 16%, nilai ini dikatakan layak secara finansial karena lebih besar dari nilai MARR yang diisyaratkan yaitu sebesar 12%[6].

2.2 Dasar Teori

2. 2. 1 Gambaran Umum Pulau Bawean



Gambar 2.1 peta pulau Bawean



Bawean adalah sebuah pulau yang terletak di Laut Jawa, sekitar 80 Mil atau 120 kilometer sebelah utara Gresik. Secara administratif, pulau ini termasuk dalam Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur[9]. Bawean memiliki 2 kecamatan yaitu Sangkapura dan Tambak. Jumlah penduduknya sekitar 70.000. Kebutuhan listrik di Bawean, sebelumnya disuplay 4 unit Pembangkit Listrik tenaga Diesel (PLTD) dengan daya yang dihasilkan sebesar 2.500 kilo watt (KW). Adapun beban puncak konsumsi listrik di sana mencapai 2.700 KW dengan jumlah pelanggan sebanyak 10.000 pelanggan. Artinya, defisit listrik di Bawean masih mencapai 200 KW.

Akibat tingkat kebutuhan dan suplay yang tak seimbang Bawean sering mengalami krisis listrik. Daftar antri untuk penyambungan cukup banyak, pertahun mengalami penambahan hingga 3.000 pelanggan. Sebelumnya pasokan listrik di Bawean masih terjaga dengan pengoperasian tujuh unit PLTD yang ada. Namun mesin pembangkit tersebut usianya cukup tua karena dioperasikan sejak tahun 2002, sehingga yang masih bisa bertahan dioperasikan saat ini hanya empat unit PLTD saja[7].

2. 2. 2 Bahan Bakar Gas

Bahan bakar gas merupakan gas alam yang telah dimampatkan. Secara umum lebih dari 80% komponen gas bumi yang dipakai sebagai bahan bakar gas merupakan gas methana, 10%-15% gas etana dan sisanya adalah gas karbondioksida dan gas-gas lain.

Bahan bakar gas merupakan bahan bakar alternatif yang paling prospektif dikembangkan, karena:

- + Cadangan gas bumi relatif masih cukup besar dan biaya pengadaannya lebih murah dari Bahan Bakar Minyak
- + Ramah lingkungan karena polusi yang disebabkan oleh bahan bakar gas relatif lebih rendah dibandingkan bahan bakar minyak. Hal ini disebabkan oleh bahan bakar dengan unsur utama metana dan etana mempunyai



perbandingan jumlah atom hidrogen terhadap atom karbon yang lebih tinggi .

2.2.2.1 Teknologi CNG

CNG adalah gas alam yang dikompresi pada tekanan 2000-3000 psi (130-200 atm) dan terkadang didinginkan ke temperatur yang lebih rendah (sampai dengan -40°C - 40°C).. Teknologi CNG sebenarnya cukup sederhana dan dapat diaplikasikan secara komersial. Untuk transportasi gas di darat sudah digunakan teknologi CNG pada beberapa aplikasi, termasuk taksi, kendaraan pribadi, dan bus umum. Bahkan di Indonesia, Jakarta khususnya sudah diaplikasikan CNG pada busway Transjakarta pada keseluruhan armadanya. CNG merupakan alternatif yang baik apabila jarak yang ditempuh kurang dari 2000 km (1200 mil). Pengisian CNG dapat dilakukan dari sistem bertekanan rendah maupun bertekanan tinggi. Perbedaanannya terletak dari biaya pembangunan stasiun dibanding dengan lamanya pengisian bahan bakar. Idealnya, tekanan pada jaringan pipa gas adalah 11 bar, dan agar pengisian CNG bisa berlangsung dengan cepat, diperlukan tekanan sebesar 200 bar, atau 197 atm, 197 kali tekanan udara biasa. Dengan tekanan sebesar 200 bar, pengisian CNG setara 130 liter premium dapat dilakukan dalam waktu 3-4 menit [8].



Tabel 2.1 properties CNG [9]

Parameter	Unit	Value	Parameter	Unit	Value
Compressibility Factor	Z	0.98	Specific Gravity	SG	0.45
Energy Content (Higher Heating Value)	Btu/lb	21,400	Energy Content (Lower Heating Value)	Btu/lb	20,400
Flame Speed	ft/sec	110	Flame Temperature	°F	2100
Autoignition Temperature	°F	500	Explosion Limit (Lower)	% Vol	5
Explosion Limit (Upper)	% Vol	15	Minimum Ignition Energy	ft-lb	0.02
Flash Point	°F	-110	Boiling Point	°F	-108
Freezing Point	°F	-182	Condensation Point	°F	-108
Viscosity	Centipoise	0.01	Thermal Conductivity	Btu/ft-hr-°F	0.01
Diffusion Coefficient	ft ² /sec	0.2	Sound Speed	ft/sec	1100
Prandtl Number	Pr	0.7	Grashof Number	Gr	10 ¹⁰
Nusselt Number	Nu	100	Reynolds Number	Re	10 ⁶
Prandtl Number	Pr	0.7	Grashof Number	Gr	10 ¹⁰
Nusselt Number	Nu	100	Reynolds Number	Re	10 ⁶

Tabel 2.2 Kandungan *natural gas*

LAPORAN HASIL UJI (Analysis Report)			
Nomor Uji: 3544		Jenis Contoh: Natural Gas	
Tanggal Pengambilan Contoh: 10 Mei 2013		Tempat Pengambilan Contoh: PT PJB Unit Pengaliran Gas	
Metode Pengambilan Contoh: Pressure		Temperature: °F	
Referensi: Dep. Jasa Teknik & Konstruksi PT. Petrokimia Gresik		Hasil Uji: 100.000	
Jenis Uji: Item of Analysis		Satuan: % Mole	
1. Nitrogen	N ₂	% Mole	0.459
2. Carbon Dioxide	CO ₂	% Mole	0.632
3. Methane	CH ₄	% Mole	91.026
4. Ethane	C ₂ H ₆	% Mole	6.533
5. Propane	C ₃ H ₈	% Mole	1.100
6. i-Butane	i-C ₄ H ₁₀	% Mole	0.081
7. n-Butane	n-C ₄ H ₁₀	% Mole	0.080
8. i-Pentane	i-C ₅ H ₁₂	% Mole	0.027
9. n-Pentane	n-C ₅ H ₁₂	% Mole	0.022
10. Hexane Plus	C ₆ +	% Mole	0.009
Total (% Mole)		100.000	
11. Compressibility Factor @ 60°F, 14.7 psia		0.99761	
12. Specific Gravity Gas Real @ 60°F, 14.7 psia		0.60757	
13. Gross Heating Value, BTU / Real CF		1072.72255	

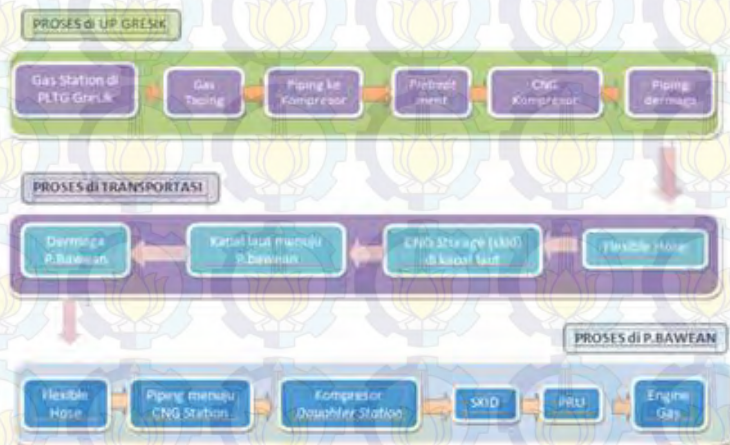


2.2.3 Proses Transfer Gas dari UP Gresik Menuju Bawean

Proses transfer gas dari UP Gresik ke Bawean dapat terlihat pada gambar 2.2 dan 2.3 dibawah ini. dikelompokkan menjadi 3 tahap:



Gambar 2.2 Proses alur gas



Gambar 2.3 Proses pembawaan gas dari UP Gresik ke Pulau Bawean



2.2.3.1 Proses di sisi *Mother Station*(pusat pengisian gas) UP Gresik

Proses di *mother station* (pusat pengisian gas) Gresik ini meliputi *tapping* gas mengalir di dalam pipa dari *gas station*. Selanjutnya gas dialirkan menuju ke gas *pretreatment* (terdiri dari *scrubber*, *filter* dan *dryer*) yang selanjutnya dialirkan ke *CNG Compresor* guna memperoleh tekanan yang tinggi. Gas bertekanan tinggi dari kompresor selanjutnya dialirkan menuju dermaga menggunakan *flexibel hose*.

2.2.3.2 Proses di sisi transportasi

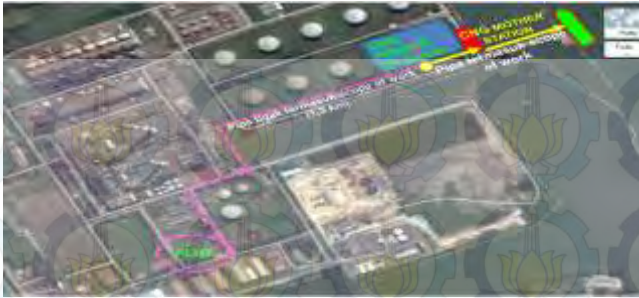
Gas dari dermaga dialirkan melalui *flexible hose* menuju *Skid* yang berada di dalam kapal laut. Kapal laut mentransnportasikan gas menuju ke Pulau Bawean.

2.2.3.3 Proses di sisi *Daughter Station*

Gas dari *Skid* di dalam kapal yang bersandar di dermaga Pulau Bawean dialirkan melalui *flexible hose* dan *piping* menuju ke *Daughter* Kompresor untuk disimpan di dalam *Skid* yang ada di darat. Gas dari dalam *Skid* dialirkan menuju ke PRU (*Pressure Reducing Unit*) untuk diturunkan tekanannya kemudian dialirkan melalui *piping* sistem menuju ke *Gas Engine Station*.

2. 2.4 Peta situasi

Gambar 2.4 menunjukkan peta situasi pengambilan gas dari *gas-station* di UP Gresik untuk dialirkan ke *CNG mother station* dan kemudian dikompresikan untuk dialirkan melalui dalam pipa gas menuju ke dermaga.



Gambar 2.4 Peta situasi pengambilan gas dari *gas station* menuju *CNG Plant* dan Dermaga

2. 2. 5 Peralatan pada fasilitas penyediaan pasokan gas CNG

2.2.5.1 *Compressor*

Alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida mampu mampat, yaitu gas atau udara. Tujuan meningkatkan tekanan supaya dapat untuk mengalirkan atau kebutuhan proses dalam suatu system proses yang lebih besar.



Gambar 2.8 Kompresor

2.2.5.2 *Piping system*

Sistem pipa merupakan bagian utama suatu sistem yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ke titik pengeluaran semua pipa.

Pengertian *piping system* adalah seluruh sistem perpipaan yang terinterkoneksi pada *mother* dan *daughter station*, dan pada sistem *loading* dan *unloading*. *Standart* yang digunakan untuk



perhitungan pipa adalah ASME B31.8 Gas Trans. & Distribution Piping.

2.2.5.3 Kapal laut yang dilengkapi dengan CNG storage Cylinder (skid)

Kapal laut berfungsi untuk mengangkut gas dari Gresik menuju Pulau Bawean. Kapal laut didesain khusus untuk membawa tabung skid dari Gresik ke Bawean. Dimensi kapal dipilih yang cocok untuk mengangkut skid.



Gambar. 2.6 Kapal pengangkut CNG

2.2.5.4 CNG storage cylinder/Skid

CNG Storage cylinder adalah tempat penyimpanan gas dalam bentuk tabung. Setelah ditekan di kompresor, gas dialirkan dan disimpan didalam rangkaian *tube-tube (storage)* dengan tekanan 250 bar. Ketika gas akan digunakan, maka gas akan dialirkan kembali.



Gambar 2.7 CNG Storage



2.2.5.5 Pressure Reducing System (PRS)

Pressure Reducing system (PRS) digunakan untuk menurunkan tekanan menjadi tekanan masuk yang di isyaratkan pembangkit. Penurunan tekanan akan mengakibatkan temperatur gas menjadi dingin bahkan *frozen*. Bila hal ini terjadi maka terjadi penyumbatan pada sistem saluran di PRS.



Gambar 2.8 *Pressure Reducing System (PRS)*

2.2.6 DASAR TEKNIK

2.2.6.1 Steel Pipe Design Formula

Desain tekanan untuk sistem pipa gas atau *nominal wall thicknes* untuk desain tekanan yang sudah diketahui ditentukan menggunakan formula:

$$P = \frac{2000St}{D} FET \quad (2.1)$$

Keterangan:

P= desain tekanan (Psi)

S= *minimum yield strength* (ASME B 31.8 Table D-1)

t= *wall thickness* (in)

F= faktor desain (ASME B 31.8 Table 841.1.6-1)

E= *Longitudinal Joint factor* (ASME B 31.8 Table 841.1.7)

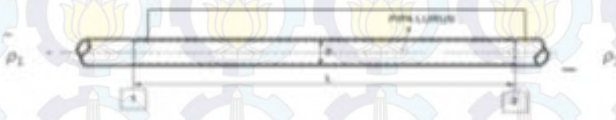
T= *temparatur derating factor* (ASME B 318 Table 841.8-1)

D= *Nominal outside diameter* (in)



2.2.6.2 Pressure Drop pada Pipa

Pressure drop yang terjadi di dalam tube terdiri dari *major losses* dan *minor losses*. *Major losses* terjadi akibat adanya gesekan di dalam tube sedangkan *minor losses* terjadi karena perubahan arah aliran di dalam tube, perubahan luasan permukaan [10].



Gambar 2.9 Pipa

✚ Panhandle Equation

Untuk mengetahui *pressure drop* pada pipa gas maka digunakan persamaan :

$$p_1^2 - p_2^2 = \left[L_m Z S^{0.961} T_1 \left(\left[\frac{Q}{0.028E} \right]^{1.96} \right) \times \left[\frac{1}{d^{4.96}} \right] \right] \quad (2.1)$$

Keterangan:

L_m = panjang pipa (mile)

Z = compressibility factor ($z=1$ untuk standard condition)

S = specific gravity gas

T_1 = temperatur inlet pipa (°R)

E = efisiensi factor ($E=1$)

d = internal diameter pipa (in)

Q = flowrate (MMSCFD)

2.2.6.3 Dasar Termodinamika

Pada suatu volume atur dalam keadaan tunak, kondisi massa yang berada di dalam volume atur dan pada daerah batasnya, tidak berubah menurut waktu. Laju aliran massa serta laju perpindahan energi oleh kalor dan kerja juga konstan terhadap waktu, dengan demikian $\frac{dE}{dt} = 0$ [11]. Hal ini dapat dilihat dari persamaan balance massa dan balance energi:

✚ Balance massa



Steady state

$$\frac{d\cancel{m}cv}{dt} = \sum_e \dot{m}_e - \sum_i \dot{m}_i \quad (2.2)$$

$$\sum_e \dot{m}_e = \sum_i \dot{m}_i$$

 *Balance energi*

Steady state *Energi kinetik diabaikan*

$$\cancel{\frac{d\cancel{m}cv}{dt}} = \cancel{Q}_{cv} - \cancel{W}_{cv} + \dot{m}_i \left(h_i + \cancel{\frac{v_i^2}{2}} + g z_i \right) - \dot{m}_e \left(h_e + \cancel{\frac{v_e^2}{2}} + g z_e \right) \quad (2.3)$$

Energi potensial diabaikan

Untuk *enthalpy* : $h = u_t + pv$ (2.4)

Untuk gas ideal $cp(T) = dh/dT$

$$\int_1^2 dh = \int_1^2 cp(T) dT$$

$$h(T1) - h(T2) = \int_1^2 cp(T) dT \quad (2.5)$$

Dimana: c_p = kalor spesifik (kJ/kgK)

T = temperatur (K)

Maka didapatkan:

$$\dot{W}_{cv} = \dot{m} c_p (T_i - T_e) \quad (2.6)$$

Keterangan:

$$\dot{W}_{cv} = \text{kerja} \left(\frac{kJ}{s} \right)$$

$$\dot{m} = \text{lajumassa (kg/s)}$$

$$h = \text{enthalpi (kJ/kg)}$$

2.2.7 DASAR EKONOMI

2.2.7.1 Biaya Investasi

biaya-biaya untuk investasi peralatan-peralatan utama dan peralatan-peralatan pendukung, biaya investasi untuk kegiatan pengembangan (FS, Basic Design), investasi untuk penggantian (*replacement*), infrastruktur, utilities dan lain-lain. Secara umum



basis untuk mengestimasi *capital expenditure* (CAPEX) adalah biaya-biaya yang harus dikeluarkan untuk [12]:

- ✚ Pembelian peralatan dan pemasangannya
- ✚ Instrumentasi dan kontrol
- ✚ Perpipaan (*piping*)
- ✚ Peralatan-peralatan listrik
- ✚ Gedung
- ✚ Fasilitas-fasilitas servis seperti *water treatment plant*, dst.
- ✚ Peralatan-peralatan yang bergerak (*mobile equipments*)
- ✚ Infrastruktur seperti fasilitas pelabuhan, bandara, jalan, fasilitas akomodasi.

2.2.7.2 Biaya Modal Kerja (*Working Capital*)

Biaya modal kerja adalah biaya yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan biaya produksi sampai dengan suatu waktu dimana perusahaan bisa memperoleh pendapatan dari hasil penjualan produk yang dapat digunakan untuk membiayai produksinya. Sumber dana bias dari hutang/pinjaman dari bank dan modal sendiri (*equitas*).

2.2.7.3 Biaya Operasi

Biaya Operasi (*operating expenditure*) adalah besarnya dana yang harus dikeluarkan untuk membiayai semua kegiatan operasi hingga produk siap untuk dijual. Basis untuk menentukan biaya operasi (*operating cost*) adalah biaya-biaya yang harus dikeluarkan untuk Bahan habis (*consumables seperti reduktor, asam sulfat, limestone, flokulan* dan termasuk bahan bakar/*fuels*), *Labour (managers, engineers, operators, administration, services)*, *Maintenance cost Mining, cost Product transportation*, *Fixed charges such as taxes, depreciation, insurance*, *Office cost such as communication*, *Sales and marketing expenses*, *Environmental management*, *Community development*, *Research and development*

**2.2.7.5 Analisa Perolehan harga gas****2.2.7.5 .1 Biaya investasi**

$$F = p \left[1 + \frac{i}{12} \right]^n \quad (2.6)$$

Dimana F = Biaya investasi (Rp)

i = discount rate (%)

N= jumlah bulan

2.2.7.5 .2 Biaya Produksi

$$pv = s \left[\frac{1 - \left(\frac{1}{1+i} \right)^N}{i} \right] \quad (2.7)$$

Dimana Pv = Present value

i = discount rate (%)

N= jumlah bulan



BAB III

METODOLOGI PROSES ANALISA

Dalam penyelesaian tugas akhir ini metodologi yang dipakai adalah metode analisa teknik dan biaya. Analisa teknik meliputi perhitungan perencanaan peralatan utama yang dipakai untuk pembangunan PLTMG yang selanjutnya dilakukan analisa ekonomi berdasarkan biaya investasi dan biaya operasi.

3.1 Analisa

Yang akan dianalisa adalah PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) Bawean yang rencananya akan diganti menjadi PLTMG (Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas) dimana gas yang dipasok berasal dari Gresik. Analisa mencakup kondisi di mother station Gresik, transportasi dilaut dan Daughter Station di Bawean. Adapun prosesnya akan dijelaskan dibawah ini

3.1.1 Deskripsi Proses

(a) Di Sisi Mother Stasion Gresik

Gas dari Gas Station dialirkan melalui pipa menuju ke lokasi CNG plant dekat pantai yang selanjutnya dilakukan *tapping* untuk dialirkan ke gas pretreatment yang terdiri dari *scrubber, filter, dan dryer*.

Waktu *tapping* gas dilakukan ketika UP Gresik pada beban rendah. Gas keluar menuju kompresor untuk dikompresikan ke tekanan yang tinggi. Gas bertekanan tinggi dialirkan melalui dalam pipa menuju ke dermaga. Dari *dermaga* kemudian gas dialirkan melalui *flexible hose* untuk dimasukkan ke dalam *Skid (CNG Storage)* yang berada di dalam kapal.

(b) Di Sisi Tranportasi Laut

Gas dari *pipa* di Dermaga Gresik dialirkan melalui *flexible hose* menuju ke *skid* yang berada di dalam kapal. Kapal berlayar dari Gresik ke P. Bawean yang berjarak ± 80 mil laut diestimasikan memerlukan waktu \pm



10 jam. Untuk mengangkut *skid* perlu dicari desain kapal yang sesuai. Setelah kapal merapat di Dermaga Bawean gas dialirkan melalui pipa ke *Daughter Station*.

(c) Di Sisi *Daughter Station* Bawean

Gas dari pipa dialirkan ke *daughter* kompresor untuk memindahkan gas dari *skid* di kapal laut menuju ke *skid* di darat. Waktu *unloading* adalah 8 jam. *CNG storage* di *daughter station* Bawean ini harus mampu menampung gas untuk *buffer storage* dan gas untuk operasional harian dengan laju konsumsi sesuai kebutuhan. *Buffer stock* hanya akan digunakan pada kondisi dimana kapal laut tidak dapat berlayar karena adanya larangan dari Dinas Perhubungan Laut, sehubungan dengan adanya badai dan/atau ombak besar.

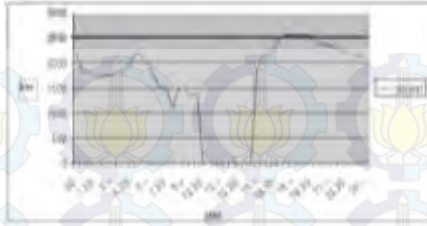
Gas dari *skid* operasional harian dipanaskan terlebih dahulu di PRU (*Pressure Reducing Unit*) sebelum diturunkan tekanannya untuk dialirkan ke PLTMG. Keluaran gas dari PRU digunakan untuk kebutuhan PLTMG

3.2 Data Pendukung

Adapun pengerjaan Tugas Akhir ini didukung dengan beberapa data untuk keperluan analisa seperti yang tertera dibawah ini

3.2.1 Kurva Beban Listrik di pulau Bawean

Kebutuhan listrik di P.Bawean dalam waktu satu hari penuh dari pukul 00.00 s/d pukul 24.00 terlihat seperti dibawah ini:



Gambar 3.1 Kurva beban listrik di P. Bawean

3.3 Proses Pengerjaan

Adapun proses pengerjaan analisa studi kelayakan pembangunan PLTMG di Pulau Bawean melalui beberapa tahap seperti dibawah ini:

1. Menghitung konsumsi listrik perhari di Pulau Bawean
2. Mencari gas engine yang sesuai dengan kebutuhan listrik yang diambil dari beban puncak di Pulau Bawean
3. Mencari sfc gas engine
4. Menghitung kebutuhan gas perhari di Pulau Bawean berdasarkan data operasional yang ada
5. Menghitung banyaknya gas yang dibawa ke Pulau Bawean dalam sekali perjalanan
6. Menentukan kapasitas dan jumlah kompresor yang diperlukan
7. memilih spesifikasi *CNG Storage* serta Menghitung jumlahnya.
8. Melakukan perhitungan kapal
9. Melakukan perhitungan PRU
10. Melakukan analisa secara ekonomi

3.3.1 Analisa Teknik

Analisa teknik dalam pengerjaan proses study kelayakan ini meliputi:

1. Menentukan peralatan utama untuk PLTMG
2. Menghitung konsumsi listrik perhari di Pulau Bawean



3. Mencari gas engine yang sesuai dengan kebutuhan listrik yang diambil dari beban puncak di Pulau Bawean
4. Mencari *sfc gas engine*
5. Menghitung kebutuhan gas perhari di Pulau Bawean berdasarkan data operasional yang ada
6. Menghitung banyaknya gas yang dibawa ke Pulau Bawean dalam sekali perjalanan
7. Menentukan kapasitas dan jumlah kompresor yang diperlukan
8. memilih spesifikasi *CNG Storage* serta Menghitung jumlahnya.
9. Melakukan perhitungan kapal
10. Melakukan perhitungan PRU

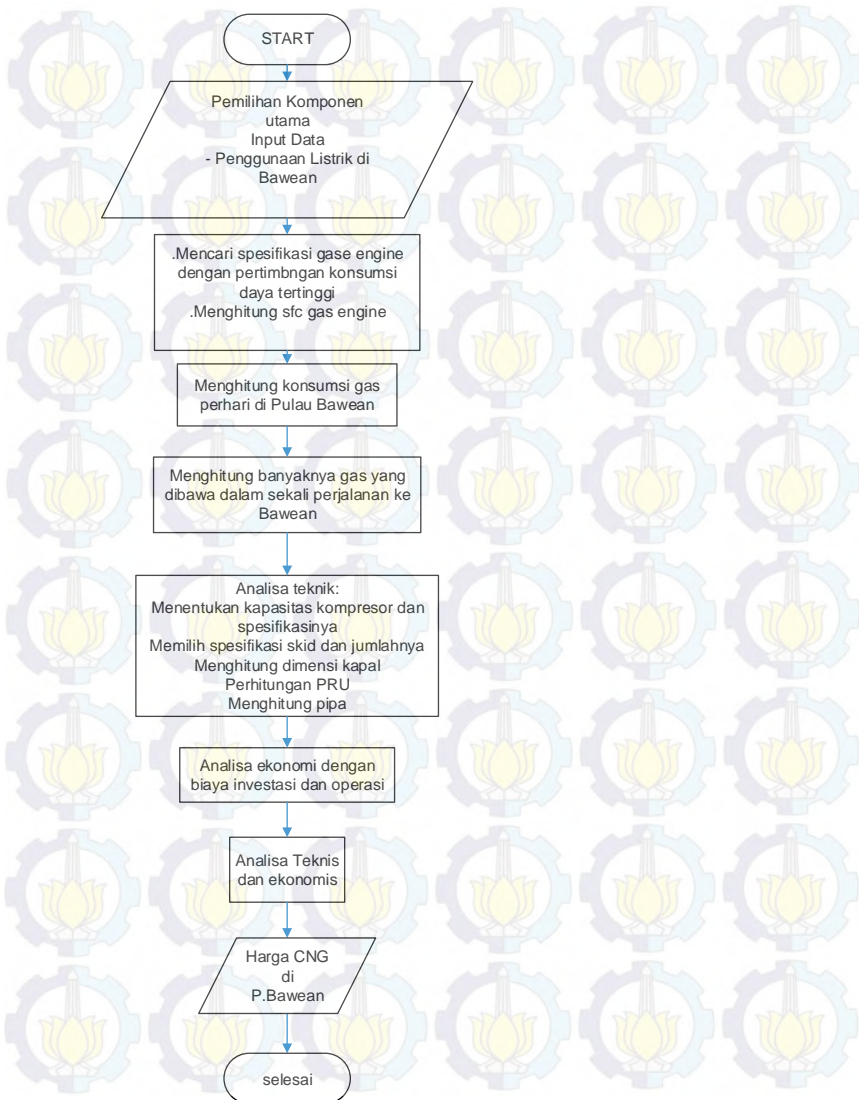
3.3.2 Analisa Biaya

Setelah analisa teknik dilakukan, maka selanjutnya dilakukan analisa biaya yang meliputi:

1. Menghitung Harga dari komponen-komponen yang diperlukan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan
2. Menghitung Biaya Operasi baik di *mother station*, transportasi dan di *daughter station*
3. Menghitung *unit cost*
4. Menghitung harga perolehan gas di Pulau Bawean

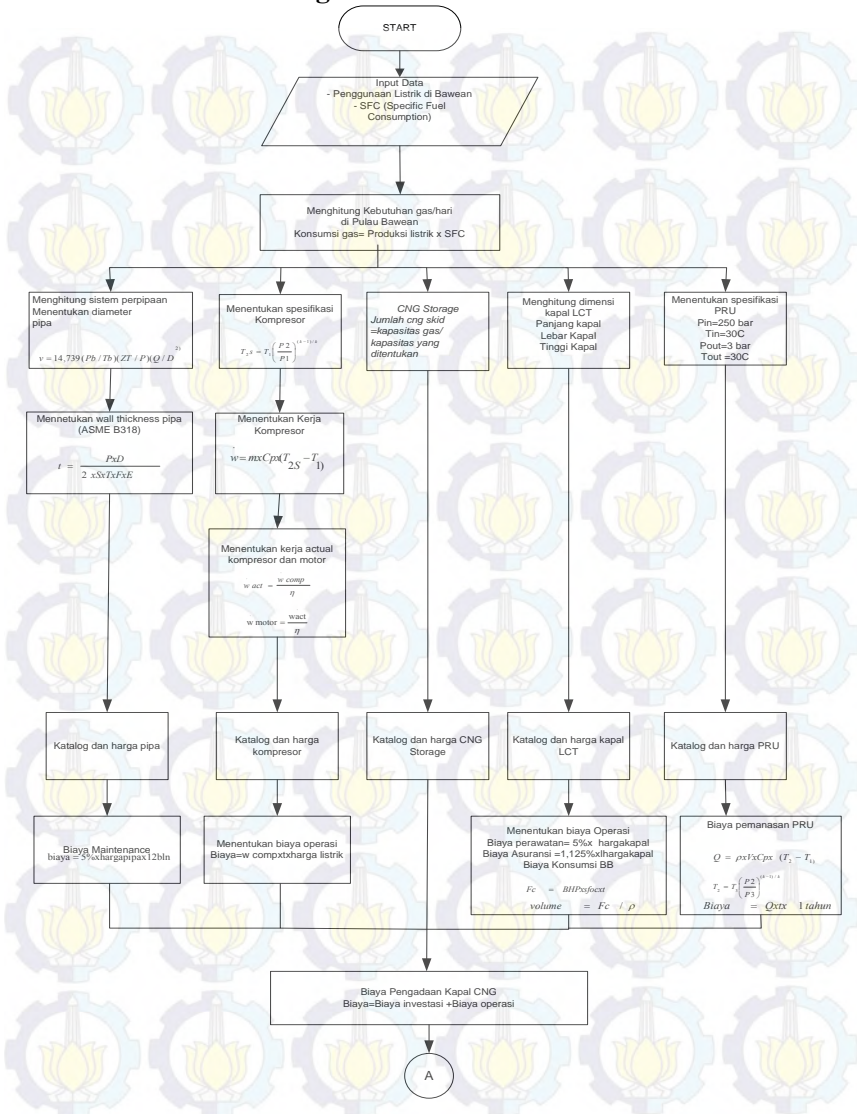


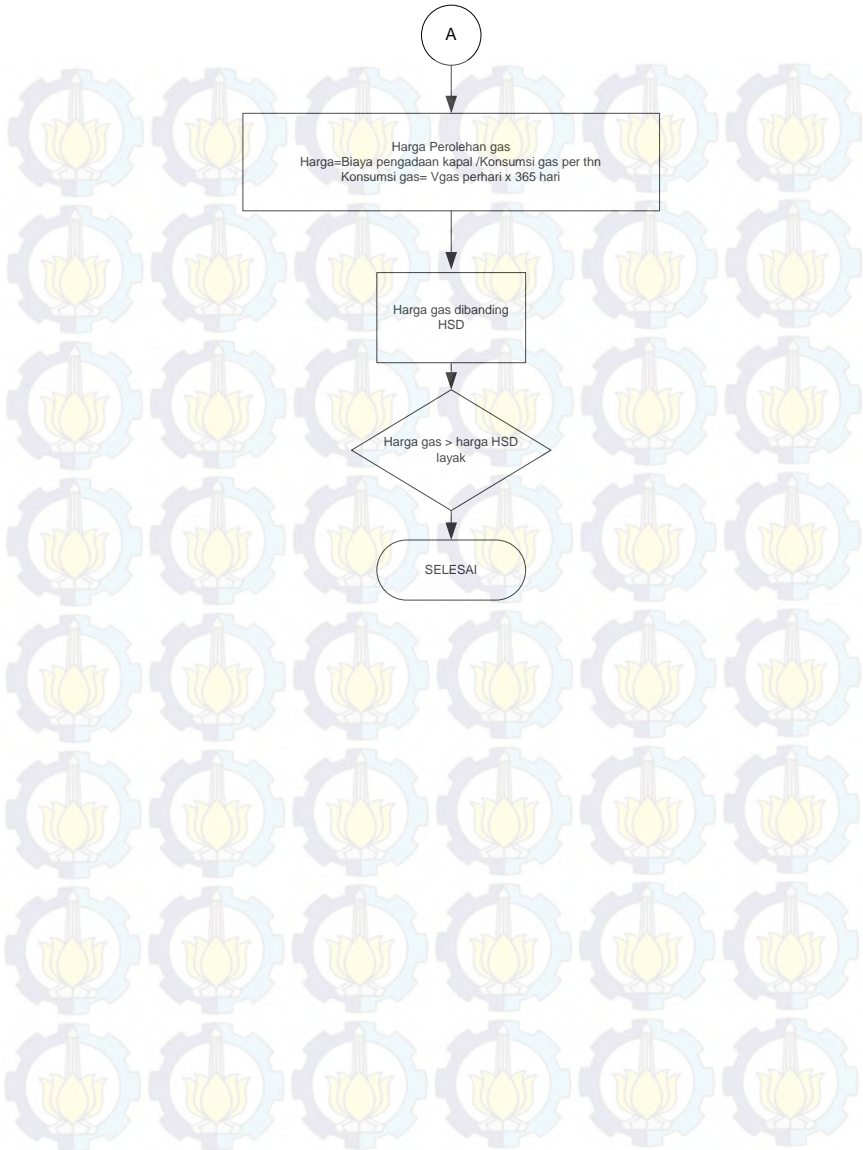
3.4 Flowchart Proses Pengerjaan





3.5 Flowchart Perhitungan







halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

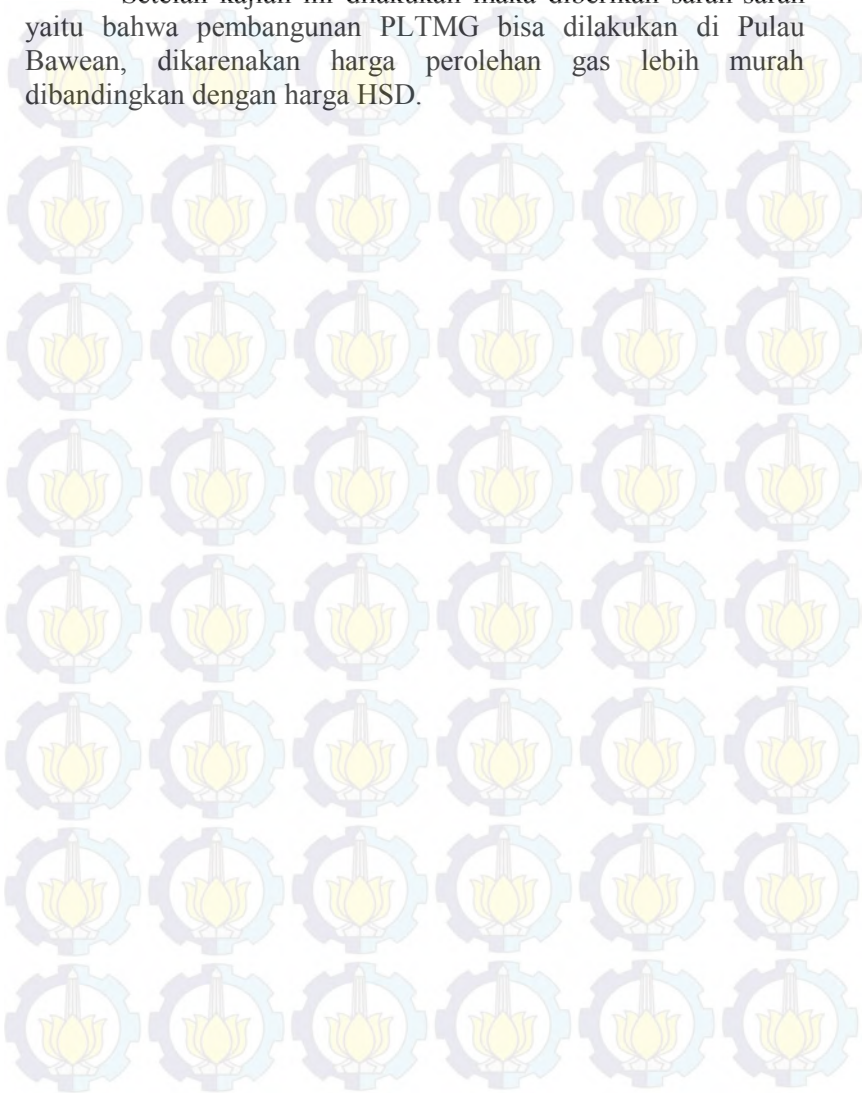
Dari kajian kelayakan harga perolehan gas di Pulau Bawean, maka ditarik kesimpulan diantaranya:

1. Spesifikasi Alat utama dan alat lainnya dalam pembangunan PLTMG ini diantaranya:
 - + CNG Kompresor Temperatur masuk 30° c, Tekanan masuk 2Mpa, kapasitas 4831,6 NCMH , daya 567,89 kw
 - + spesifikasi CNG Storage diantaranya kapasitas berat total 29888 kg, tekanan kerja 25 MPA, temperatur kerja -40°c-60°c
 - + spesifikasi PRU tekanan masuk 250 bar, tekanan keluar 3 bar
 - + spesifikasi kapal pengangkut CNG, kapal jenis SPOB dengan LOA 48 meter, lebar 9 meter, tinggi 3,5 meter, main engine 2x405HP
 - + spesifikasi pipa dari gas tapping ke kompresor diameter 3 in dan Schedule 40
 - + spesifikasi pipa dari kompresor ke skid adalah diameter pipa 1in jenis *schedule xxs*
 - + spesifikasi pipa dari dermaga ke *daughter station* adalah diameter pipa 1in jenis *schedule xxs*
2. Dari hasil perhitungan didapatkan harga perolehan gas di Pulau Bawean adalah Rp 10.381,00 yang merupakan hasil dari penambahan biaya investasi serta biaya operasi alat utama PLTMG dan harga pokok gas.
3. Harga perolehan gas di Pulau Bawean yakni Rp 10.381,00 lebih murah dibandingkan dengan harga 1 liter HSD yang berkisar Rp 11 060,27



5.2 Saran

Setelah kajian ini dilakukan maka diberikan saran-saran yaitu bahwa pembangunan PLTMG bisa dilakukan di Pulau Bawean, dikarenakan harga perolehan gas lebih murah dibandingkan dengan harga HSD.





DAFTAR PUSTAKA

RUPTL Tahun 2013 s.d. 2022 - PT PLN

<URL:<http://www.pln.co.id/dataweb/RUPTL/RUPTL%202013-2022.pdf>>

PLN Harus Bangun Pembangkit Listrik 5.700 MW

per tahun <URL:Liputan6.com 11 April 2014 >

Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005

<URL:http://psdg.bgl.esdm.go.id/kepmen_pp_uu/blu_eprint_PEN.pdf>

H.Purnomo, Cipto 2011 “**Kajian Teknis Dan Ekonomis Pengganti Sistem Bahan Bakar Residu Menjadi Gas Pada PT. Indonesia Power Ubp Perak-Grati Sub Unit Perak**” Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Fidiarta, Andhika 2008 “**Study Kelayakan Pembangunan PLTM Lubuk Gadang**” Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Pulau Bawean

<URL:http://id.wikipedia.org/wiki/Pulau_Bawean>

Gas alam terkompresi

<URL:

http://id.wikipedia.org/wiki/Gas_alam_terkompresi>

Alternative Fuels Data Center – Fuel Properties Comparison

<URL:www.afdc.energy.gov/fuels/fuel_comparison_chart.pdf>

Fox, Robert and McDonald, Alan. T 1998. “**Introduction to Fluid and Mechanics**” fifth edition”, SI Version, John Wiley&Sons, Inc, Canada,.

Moran, Michael dan Shapiro, Howard N. 1994., “**Termodinamika Teknik Jilid 1**”, edisi 4, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Pujawan, I Nyoman 1995, “**Ekonomi Teknik**” , edisi pertama, Penerbit Guna Widya, Surabaya.



Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

1. Lampiran 1

GE Power & Water
Distributed Power



Jenbacher type 3

Efficient, durable, reliable

Long-lasting efficiency, maintenance-friendly engine design and low fuel consumption ensure maximum efficiency in fast type 3 engines. Frequent components probing, service-free operation using many-value gases such as landfill gas. The new type 3D generation offers an outstanding net low natural gas use to 20,000 operating hours until the major overhaul. The engine type stands out in its class by 3,000 full power hours due to its technical maturity and high degree of reliability.



Reference installations

Plant name	Reference data	Remarks	
USA Compassion systems and cities	Plant Engine type Electrical output Thermal output Operating hours Commissioning	Landfill gas 12 x 1250 12,000 kW 12,000 kW 2,000 h 2000	Power plant for landfill gas The plant is located in a landfill site. The engine is used for the production of electricity. The engine is used for the production of electricity. The engine is used for the production of electricity.
USA Produce gasoline	Plant Engine type Electrical output Thermal output Operating hours Commissioning	Landfill gas 12 x 1250 12,000 kW 12,000 kW 2,000 h 2000	Power plant for landfill gas The plant is located in a landfill site. The engine is used for the production of electricity. The engine is used for the production of electricity. The engine is used for the production of electricity.

1120 Burgundy & Munich, Bavaria	Plant Engine type Electrical output Thermal output Operating hours Commissioning	Biogas and natural gas 12 x 1250 12,000 kW 12,000 kW 2,000 h 2000	Power plant for biogas and natural gas The plant is located in a landfill site. The engine is used for the production of electricity. The engine is used for the production of electricity. The engine is used for the production of electricity.
1120 Munich, Bavaria	Plant Engine type Electrical output Thermal output Operating hours Commissioning	Biogas and natural gas 12 x 1250 12,000 kW 12,000 kW 2,000 h 2000	Power plant for biogas and natural gas The plant is located in a landfill site. The engine is used for the production of electricity. The engine is used for the production of electricity. The engine is used for the production of electricity.

Source: Jenbacher AG

GE Power & Water Distributed Power



Technical data

Configuration	1,000 rpm (15.25 Hz)	1,500 rpm (22.5 Hz)	2,000 rpm (30 Hz)
Power (MW)	1,000	1,500	2,000
Capacity (MW)	1,000	1,500	2,000
Efficiency (at 100% load)	40.0	40.0	40.0
Rated speed (rpm)	1,000	1,500	2,000
Rated voltage (kV)	15.25	22.5	30
Rated current (A)	3,770	3,770	3,770
Rated power factor	0.95	0.95	0.95
Rated torque (kNm)	1,000	1,500	2,000
Rated speed (rpm)	1,000	1,500	2,000
Rated voltage (kV)	15.25	22.5	30
Rated current (A)	3,770	3,770	3,770
Rated power factor	0.95	0.95	0.95
Rated torque (kNm)	1,000	1,500	2,000
Rated speed (rpm)	1,000	1,500	2,000
Rated voltage (kV)	15.25	22.5	30
Rated current (A)	3,770	3,770	3,770
Rated power factor	0.95	0.95	0.95
Rated torque (kNm)	1,000	1,500	2,000

Outputs and efficiencies

Configuration	1,000 rpm (15.25 Hz)	1,500 rpm (22.5 Hz)	2,000 rpm (30 Hz)
Power (MW)	1,000	1,500	2,000
Capacity (MW)	1,000	1,500	2,000
Efficiency (at 100% load)	40.0	40.0	40.0
Rated speed (rpm)	1,000	1,500	2,000
Rated voltage (kV)	15.25	22.5	30
Rated current (A)	3,770	3,770	3,770
Rated power factor	0.95	0.95	0.95
Rated torque (kNm)	1,000	1,500	2,000
Rated speed (rpm)	1,000	1,500	2,000
Rated voltage (kV)	15.25	22.5	30
Rated current (A)	3,770	3,770	3,770
Rated power factor	0.95	0.95	0.95
Rated torque (kNm)	1,000	1,500	2,000
Rated speed (rpm)	1,000	1,500	2,000
Rated voltage (kV)	15.25	22.5	30
Rated current (A)	3,770	3,770	3,770
Rated power factor	0.95	0.95	0.95
Rated torque (kNm)	1,000	1,500	2,000

GE Power & Water Distributed Power
1,000 rpm (15.25 Hz)
1,500 rpm (22.5 Hz)
2,000 rpm (30 Hz)



GE Power & Water Distributed Power
1,000 rpm (15.25 Hz)
1,500 rpm (22.5 Hz)
2,000 rpm (30 Hz)

Configuration	1,000 rpm (15.25 Hz)	1,500 rpm (22.5 Hz)	2,000 rpm (30 Hz)
Power (MW)	1,000	1,500	2,000
Capacity (MW)	1,000	1,500	2,000
Efficiency (at 100% load)	40.0	40.0	40.0
Rated speed (rpm)	1,000	1,500	2,000
Rated voltage (kV)	15.25	22.5	30
Rated current (A)	3,770	3,770	3,770
Rated power factor	0.95	0.95	0.95
Rated torque (kNm)	1,000	1,500	2,000
Rated speed (rpm)	1,000	1,500	2,000
Rated voltage (kV)	15.25	22.5	30
Rated current (A)	3,770	3,770	3,770
Rated power factor	0.95	0.95	0.95
Rated torque (kNm)	1,000	1,500	2,000
Rated speed (rpm)	1,000	1,500	2,000
Rated voltage (kV)	15.25	22.5	30
Rated current (A)	3,770	3,770	3,770
Rated power factor	0.95	0.95	0.95
Rated torque (kNm)	1,000	1,500	2,000

GE Power & Water Distributed Power
1,000 rpm (15.25 Hz)
1,500 rpm (22.5 Hz)
2,000 rpm (30 Hz)

GAS ENGINES

Wärtsilä 1800

Technical data 1800 to 1814 gpa	1800	1806	1810	1814
Power (kW)	180	225	270	315
Max. speed (rpm)	1500	1500	1500	1500
Rated efficiency (%)	30.5	30.5	30.5	30.5

Technical data 1814 to 1818 gpa	1814	1816	1818	1818
Power (kW)	360	450	540	630
Max. speed (rpm)	1500	1500	1500	1500
Rated efficiency (%)	30.5	30.5	30.5	30.5

Technical data 1818 to 1822 gpa	1818	1820	1822	1822
Power (kW)	720	900	1080	1260
Max. speed (rpm)	1500	1500	1500	1500
Rated efficiency (%)	30.5	30.5	30.5	30.5

Wärtsilä 1800 is a four-stroke, four-cylinder, four-valve, turbocharged diesel engine. It is a compact, lightweight engine with a high power-to-weight ratio. The engine is designed for use in a wide range of applications, from small boats to large industrial vessels.

Wärtsilä 1800

Technical data 1800 to 1814 gpa	1800	1806	1810	1814
Power (kW)	180	225	270	315
Max. speed (rpm)	1500	1500	1500	1500
Rated efficiency (%)	30.5	30.5	30.5	30.5

Technical data 1814 to 1818 gpa	1814	1816	1818	1818
Power (kW)	360	450	540	630
Max. speed (rpm)	1500	1500	1500	1500
Rated efficiency (%)	30.5	30.5	30.5	30.5

Technical data 1818 to 1822 gpa	1818	1820	1822	1822
Power (kW)	720	900	1080	1260
Max. speed (rpm)	1500	1500	1500	1500
Rated efficiency (%)	30.5	30.5	30.5	30.5

Wärtsilä 1800 is a four-stroke, four-cylinder, four-valve, turbocharged diesel engine. It is a compact, lightweight engine with a high power-to-weight ratio. The engine is designed for use in a wide range of applications, from small boats to large industrial vessels.

2. Lampiran 2

印度尼西亚求购天然气压缩机

Quotation for the natural gas compressor



FOB89.05万元 交货时间30天 报价有效期10天

FOB Chinese port 333890.9 dollars

Delivery time:30days

Validity time:10days

1 型号和名称 type and name

DW-1.9/20-250 无油润滑天然气压缩机

DW-1.9/20-250oilless lubricating natural gas compressor

2 结构型式 对动平衡式、风冷、二列三级压缩、无油润滑、
往复活塞机组

Structure dynamic balance air cooling,the second column
three-stage compression,oilless lubricating,reciprocating piston

unit.

3 工作介质

Working medium

天然气

natural gas

4 标准流量 Nm³/h 4845

Standard flow Nm³/h 4845

5 吸气压力 (表压) MPa 2.0

Suction pressure(gage pressure) MPa 2.0

6 排气压力 (表压) MPa 25.0

Discharge pressure(gage pressure) MPa 25.0

7 吸气温度 ℃ ≤ 40

Suction temperature ℃ ≤ 40

8 各级排气温度 ℃ ≤ 135

Ads levels discharge temperature ℃ ≤ 135

9 最大功率 kW 570.13

Max shaft power kW 570.13

10 冷却方式 风冷

Cooling method air cooling

印度尼西亚求购天然气压缩机

Quotation for the natural gas compressor



FOB669.05万元 交货时间30天 质保有效期10年

FOB Chinese port 145032.57 dollars

Delivery time:30days

Warranty time:10days

1 型号和名称 type and name

DW1.7/20-250 无油润滑天然气压缩机

DW1.7/20-250oilless lubricating natural gas compressor

2 结构型式 对动平衡式，风冷，二级压缩，无油润滑，往复活塞机构

Structure dynamic balance air cooling the second column three-stage compression,oilless lubricating reciprocating piston

unit

3 工作介质

天然气

Working medium

natural gas

4 标准流量

500Nm³/h

Standard flow

500Nm³/h

5 吸气压力（表压）

30Pa、2.8

Suction pressure(gage pressure)

30Pa、2.8

6 排气压力（表压）

30Pa、25.6

Discharge pressure(gage pressure)

30Pa、25.6

7 吸气温度

℃ ≤40

Suction temperature

℃ ≤40

8 各级排气温度

℃ ≤130

All levels discharge temperature

℃ ≤130

9 最大功率

150

180.17

Max shaft power

kW

180.17

10 冷却方式

风冷

Cooling method

air cooling

3. Lampiran 3

3. Panhandle Equation.

This equation assumes that the friction factor can be represented by a straight line of constant negative slope in the moderate Reynolds number region of the Moody diagram.

The Panhandle equation can be written:

$$Q_g = 0.0283 \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{S G^2 Z T_1 L_{eq}} \right]^{0.51} d^{2.63} \quad \text{Eq. 3.11}$$

P_1 = upstream pressure, psia

P_2 = downstream pressure, psia

S = gas specific gravity

Z = compressibility factor for gas (Refer to GPSA Engineering Data Book)

Q_g = gas flow rate, MMscfd (at 14.7 psia, 60°F)

T_1 = flowing temperature, °R

L_{eq} = length, miles

d = pipe I.D., inches

E = efficiency factor

= 1.0 for brand new pipe

= 0.95 for good operating conditions

= 0.92 for average operating conditions

= 0.85 for unfavorable operating conditions

PANHANDLE EQUATION

$$Q = 0.0283 \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{S G^2 Z T_1 L_{eq}} \right]^{0.51} d^{2.63} \Rightarrow \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{S G^2 Z T_1 L_{eq}} \right]^{0.51} = \left[\frac{Q^2}{(0.0283)^2 d^{2.63}} \right]^{1/0.51}$$

$$P_2^2 = P_1^2 - \left[\frac{Q^2}{(0.0283)^2} \right]^{1/0.51} \left[\frac{S G^2 Z T_1 L_{eq}}{d^{2.63}} \right] \quad \text{(Panhandle B Method)}$$

P_2 = pipe ID in inches (inside diameter)

Z = compressibility factor

T_1 = upstream temperature

P_1 = upstream pressure

P_2 = downstream pressure

E = efficiency factor

= 1 for brand new pipe

= 0.95 for average operating conditions

L_{eq} = pipe length

4. Lampiran 4

- Gas velocity at any point in a pipeline is given by

$$V = 0.002122 \frac{Q_g}{d^2} \left(\frac{P_b}{T_b} \right) \left(\frac{ZT}{P} \right) \quad (\text{ft/sec})$$

$$V = 14.735 \frac{Q_g}{d^2} \left(\frac{P_b}{T_b} \right) \left(\frac{ZT}{P} \right) \quad (\text{ft/min})$$

- V = upstream gas velocity, ft/s
- Q_g = gas flow rate, measured at standard conditions, ft³/day (SCFD)
- d = pipe inside diameter, in.
- P_b = base pressure, psia
- T_b = base temperature, °R (460 + °F)
- P = upstream pressure, psia
- T_1 = upstream gas temperature, °R (460 + °F)

5. Lampiran 5

841 STEEL PIPE

841.1 Steel Piping Systems Design Requirements

841.11 Steel Pipe Design Formula

(a) The design pressure for steel gas piping systems or the nominal wall thickness for a given design pressure shall be determined by the following formula (for limitations, see para. 841.111):

$$P = \frac{2SE}{D} FET$$

where

D = nominal outside diameter of pipe, in.

E = longitudinal joint factor obtained from Table 841.115A [see also para. 817.13(d)]

F = design factor obtained from Table 841.114A. In setting the values of the design factor, F , due consideration has been given and allowance has been made for the various underthickness tolerances provided for in the pipe specifications listed and approved for usage in this Code.

P = design pressure, psig (see also para. 841.111)

S = specified minimum yield strength, psi, stipulated in the specifications under which the pipe was purchased from the manufacturer or determined in accordance with paras. 817.13(h) and 841.112. The specified minimum yield strengths of some of the more commonly used piping steels whose specifications are incorporated by reference herein are tabulated for convenience in Appendix D.

T = temperature derating factor obtained from Table 841.116A.

t = nominal wall thickness, in.

6.Lampiran 6

Activity	Location Class				
	Div. 1	Div. 2	3	4	5
Repetitive, routine, and service tasks (see part 841.1.1.10)	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
Overlays of roads, sidewalks without casting:					
(a) Private roads	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Unimproved public roads	0.80	0.60	0.60	0.50	0.40
(c) Roads, highways, or public streets, with hard surface and sidewalks	0.60	0.60	0.50	0.50	0.40
Overlays of roads, sidewalks with casting:					
(a) Private roads	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Unimproved public roads	0.72	0.72	0.60	0.50	0.40
(c) Roads, highways, or public streets, with hard surface and sidewalks	0.72	0.72	0.60	0.50	0.40
Partial reconstruction of pavements and areas on roads and railroads:					
(a) Private roads	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Unimproved public roads	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(c) Roads, highways, or public streets, with hard surface and sidewalks	0.60	0.60	0.50	0.50	0.40
Asphalted assemblies (see part 841.1.1.10)	0.60	0.60	0.50	0.50	0.40
Pavement or slabs (see part 841.1.1.10)	0.60	0.60	0.50	0.50	0.40
Protective/finishing coats and mowing facilities (see part 841.1.1.10)	0.60	0.60	0.50	0.50	0.40
Landscaping and planting	0.60	0.50	0.50	0.50	0.40
See reconstruction of people in location classes 1 and 2 (see part 841.1.1.10)	0.60	0.50	0.50	0.50	0.40

Table 841.1.6-1 Basic Design Factor, F

Location Class	Design Factor, F
Location Class 1, Division 1	0.80
Location Class 1, Division 2	0.72
Location Class 2	0.60
Location Class 3	0.50
Location Class 4	0.40

Table 841.1.7-1 Longitudinal Joint Factor, E

Spec. No.	Pipe Class	E Factor
ASTM A 53	Seamless	1.00
	Electric-Resistance-Welded	1.00
	Furnace-Butt Welded, Continuous Weld	0.60
ASTM A 106	Seamless	1.00
ASTM A 134	Electric-Fusion Arc-Welded	0.90
ASTM A 135	Electric-Resistance-Welded	1.00
ASTM A 139	Electric-Fusion Arc-Welded	0.80
ASTM A 333	Seamless	1.00
	Electric-Resistance-Welded	1.00
ASTM A 382	Submerged-Arc-Welded	1.00
ASTM A 671	Electric-Fusion-Welded	
	Classes 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Classes 12, 22, 32, 42, 52	1.00
ASTM A 672	Electric-Fusion-Welded	
	Classes 43, 23, 33, 43, 53	0.80
	Classes 12, 22, 32, 42, 52	1.00
ASTM A 691	Electric-Fusion-Welded	
	Classes 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Classes 12, 22, 32, 42, 52	1.00
ASTM A 994	Electric-Resistance-Welded	1.00
ASTM A 1005	Double Submerged-Arc-Welded	1.00
ASTM A 1006	Laser Beam-Welded	1.00
API 5L	Electric-Welded	1.00
	Seamless	1.00
	Submerged-Arc-Welded (Longitudinal Seam or Helical Seam)	1.00
	Furnace-Butt Welded, Continuous Weld	0.60

Table 841.1.8-1 Temperature Derating Factor, T, for Steel Pipe

Temperature, °F (°C)	Temperature Derating Factor, T
250 (121) or less	1.000
300 (149)	0.967
350 (177)	0.933
400 (204)	0.900
450 (232)	0.867

Table D-2 Specified Minimum Yield Strength for Steel Pipe Commonly Used in Piping Systems

Spec. No.	Grade	Type Note (1)	SMYS, psi	(MPa)
API 5 (Rais (2))	A2S	10W, ERW, S	75,000	(517)
API 5 (Rais (2))	A	10W, S, DSA	30,000	(207)
API 5 (Rais (2))	B	10W, S, DSA	35,000	(241)
API 5 (Rais (2))	X42	10W, S, DSA	42,000	(290)
API 5 (Rais (2))	X46	10W, S, DSA	46,000	(317)
API 5 (Rais (2))	X53	10W, S, DSA	53,000	(365)
API 5 (Rais (2))	X56	10W, S, DSA	56,000	(386)
API 5 (Rais (2))	X60	10W, S, DSA	60,000	(414)
API 5 (Rais (2))	X65	10W, S, DSA	65,000	(448)
API 5 (Rais (2))	X70	10W, S, DSA	70,000	(483)
API 5 (Rais (2))	X80	10W, S, DSA	80,000	(552)
ASTM A 53	Type F	10W	25,000	(172)
ASTM A 53	A	10W, S	30,000	(207)
ASTM A 53	B	10W, S	35,000	(241)
ASTM A 706	A	S	30,000	(207)
ASTM A 706	B	S	35,000	(241)
ASTM A 706	C	S	40,000	(276)
ASTM A 706	CL	10W	(Note 1B)	
ASTM A 706	B	10W	30,000	(207)
ASTM A 706	B	10W	35,000	(241)
ASTM A 706	B	10W	40,000	(276)
ASTM A 706	B	10W	45,000	(311)
ASTM A 706	B	10W	50,000	(345)
ASTM A 706	B	10W	55,000	(379)
ASTM A 706	B	10W	60,000	(414)
ASTM A 706	B	10W	65,000	(448)
ASTM A 706	B	10W	70,000	(483)
ASTM A 706	B	10W	75,000	(517)
ASTM A 706	B	10W	80,000	(552)
ASTM A 706	B	10W	85,000	(586)
ASTM A 706	B	10W	90,000	(620)
ASTM A 706	B	10W	95,000	(655)
ASTM A 706	B	10W	100,000	(689)
ASTM A 706	B	10W	105,000	(724)
ASTM A 706	B	10W	110,000	(758)
ASTM A 706	B	10W	115,000	(793)
ASTM A 706	B	10W	120,000	(827)
ASTM A 706	B	10W	125,000	(862)
ASTM A 706	B	10W	130,000	(896)
ASTM A 706	B	10W	135,000	(931)
ASTM A 706	B	10W	140,000	(965)
ASTM A 706	B	10W	145,000	(1000)
ASTM A 706	B	10W	150,000	(1034)
ASTM A 706	B	10W	155,000	(1069)
ASTM A 706	B	10W	160,000	(1103)
ASTM A 706	B	10W	165,000	(1138)
ASTM A 706	B	10W	170,000	(1172)
ASTM A 706	B	10W	175,000	(1207)
ASTM A 706	B	10W	180,000	(1241)
ASTM A 706	B	10W	185,000	(1276)
ASTM A 706	B	10W	190,000	(1310)
ASTM A 706	B	10W	195,000	(1345)
ASTM A 706	B	10W	200,000	(1379)
ASTM A 706	B	10W	205,000	(1414)
ASTM A 706	B	10W	210,000	(1448)
ASTM A 706	B	10W	215,000	(1483)
ASTM A 706	B	10W	220,000	(1517)
ASTM A 706	B	10W	225,000	(1552)
ASTM A 706	B	10W	230,000	(1586)
ASTM A 706	B	10W	235,000	(1621)
ASTM A 706	B	10W	240,000	(1655)
ASTM A 706	B	10W	245,000	(1690)
ASTM A 706	B	10W	250,000	(1724)
ASTM A 706	B	10W	255,000	(1759)
ASTM A 706	B	10W	260,000	(1793)
ASTM A 706	B	10W	265,000	(1828)
ASTM A 706	B	10W	270,000	(1862)
ASTM A 706	B	10W	275,000	(1897)
ASTM A 706	B	10W	280,000	(1931)
ASTM A 706	B	10W	285,000	(1966)
ASTM A 706	B	10W	290,000	(2000)
ASTM A 706	B	10W	295,000	(2035)
ASTM A 706	B	10W	300,000	(2069)
ASTM A 706	B	10W	305,000	(2104)
ASTM A 706	B	10W	310,000	(2138)
ASTM A 706	B	10W	315,000	(2173)
ASTM A 706	B	10W	320,000	(2207)
ASTM A 706	B	10W	325,000	(2242)
ASTM A 706	B	10W	330,000	(2276)
ASTM A 706	B	10W	335,000	(2311)
ASTM A 706	B	10W	340,000	(2345)
ASTM A 706	B	10W	345,000	(2380)
ASTM A 706	B	10W	350,000	(2414)
ASTM A 706	B	10W	355,000	(2449)
ASTM A 706	B	10W	360,000	(2483)
ASTM A 706	B	10W	365,000	(2518)
ASTM A 706	B	10W	370,000	(2552)
ASTM A 706	B	10W	375,000	(2587)
ASTM A 706	B	10W	380,000	(2621)
ASTM A 706	B	10W	385,000	(2656)
ASTM A 706	B	10W	390,000	(2690)
ASTM A 706	B	10W	395,000	(2725)
ASTM A 706	B	10W	400,000	(2759)
ASTM A 706	B	10W	405,000	(2794)
ASTM A 706	B	10W	410,000	(2828)
ASTM A 706	B	10W	415,000	(2863)
ASTM A 706	B	10W	420,000	(2897)
ASTM A 706	B	10W	425,000	(2932)
ASTM A 706	B	10W	430,000	(2966)
ASTM A 706	B	10W	435,000	(3001)
ASTM A 706	B	10W	440,000	(3035)
ASTM A 706	B	10W	445,000	(3070)
ASTM A 706	B	10W	450,000	(3104)
ASTM A 706	B	10W	455,000	(3139)
ASTM A 706	B	10W	460,000	(3173)
ASTM A 706	B	10W	465,000	(3208)
ASTM A 706	B	10W	470,000	(3242)
ASTM A 706	B	10W	475,000	(3277)
ASTM A 706	B	10W	480,000	(3311)
ASTM A 706	B	10W	485,000	(3346)
ASTM A 706	B	10W	490,000	(3380)
ASTM A 706	B	10W	495,000	(3415)
ASTM A 706	B	10W	500,000	(3449)
ASTM A 706	B	10W	505,000	(3484)
ASTM A 706	B	10W	510,000	(3518)
ASTM A 706	B	10W	515,000	(3553)
ASTM A 706	B	10W	520,000	(3587)
ASTM A 706	B	10W	525,000	(3622)
ASTM A 706	B	10W	530,000	(3656)
ASTM A 706	B	10W	535,000	(3691)
ASTM A 706	B	10W	540,000	(3725)
ASTM A 706	B	10W	545,000	(3760)
ASTM A 706	B	10W	550,000	(3794)
ASTM A 706	B	10W	555,000	(3829)
ASTM A 706	B	10W	560,000	(3863)
ASTM A 706	B	10W	565,000	(3898)
ASTM A 706	B	10W	570,000	(3932)
ASTM A 706	B	10W	575,000	(3967)
ASTM A 706	B	10W	580,000	(4001)
ASTM A 706	B	10W	585,000	(4036)
ASTM A 706	B	10W	590,000	(4070)
ASTM A 706	B	10W	595,000	(4105)
ASTM A 706	B	10W	600,000	(4139)
ASTM A 706	B	10W	605,000	(4174)
ASTM A 706	B	10W	610,000	(4208)
ASTM A 706	B	10W	615,000	(4243)
ASTM A 706	B	10W	620,000	(4277)
ASTM A 706	B	10W	625,000	(4312)
ASTM A 706	B	10W	630,000	(4346)
ASTM A 706	B	10W	635,000	(4381)
ASTM A 706	B	10W	640,000	(4415)
ASTM A 706	B	10W	645,000	(4450)
ASTM A 706	B	10W	650,000	(4484)
ASTM A 706	B	10W	655,000	(4519)
ASTM A 706	B	10W	660,000	(4553)
ASTM A 706	B	10W	665,000	(4588)
ASTM A 706	B	10W	670,000	(4622)
ASTM A 706	B	10W	675,000	(4657)
ASTM A 706	B	10W	680,000	(4691)
ASTM A 706	B	10W	685,000	(4726)
ASTM A 706	B	10W	690,000	(4760)
ASTM A 706	B	10W	695,000	(4795)
ASTM A 706	B	10W	700,000	(4829)
ASTM A 706	B	10W	705,000	(4864)
ASTM A 706	B	10W	710,000	(4898)
ASTM A 706	B	10W	715,000	(4933)
ASTM A 706	B	10W	720,000	(4967)
ASTM A 706	B	10W	725,000	(5002)
ASTM A 706	B	10W	730,000	(5036)
ASTM A 706	B	10W	735,000	(5071)
ASTM A 706	B	10W	740,000	(5105)
ASTM A 706	B	10W	745,000	(5140)
ASTM A 706	B	10W	750,000	(5174)
ASTM A 706	B	10W	755,000	(5209)
ASTM A 706	B	10W	760,000	(5243)
ASTM A 706	B	10W	765,000	(5278)
ASTM A 706	B	10W	770,000	(5312)
ASTM A 706	B	10W	775,000	(5347)
ASTM A 706	B	10W	780,000	(5381)
ASTM A 706	B	10W	785,000	(5416)
ASTM A 706	B	10W	790,000	(5450)
ASTM A 706	B	10W	795,000	(5485)
ASTM A 706	B	10W	800,000	(5519)
ASTM A 706	B	10W	805,000	(5554)
ASTM A 706	B	10W	810,000	(5588)
ASTM A 706	B	10W	815,000	(5623)
ASTM A 706	B	10W	820,000	(5657)
ASTM A 706	B	10W	825,000	(5692)
ASTM A 706	B	10W	830,000	(5726)
ASTM A 706	B	10W	835,000	(5761)
ASTM A 706	B	10W	840,000	(5795)
ASTM A 706	B	10W	845,000	(5830)
ASTM A 706	B	10W	850,000	(5864)
ASTM A 706	B	10W	855,000	(5899)
ASTM A 706	B	10W	860,000	(5933)
ASTM A 706	B	10W	865,000	(5968)
ASTM A 706	B	10W	870,000	(6002)
ASTM A 706	B	10W	875,000	(6037)
ASTM A 706	B	10W	880,000	(6071)
ASTM A 706	B	10W	885,000	(6106)
ASTM A 706	B	10W	890,000	(6140)
ASTM A 706	B	10W	895,000	(6175)
ASTM A 706	B	10W	900,000	(6209)
ASTM A 706	B	10W	905,000	(6244)
ASTM A 706	B	10W	910,000	(6278)
ASTM A 706	B	10W	915,000	(6313)
ASTM A 706	B	10W	920,000	(6347)
ASTM A 706	B	10W	925,000	(6382)
ASTM A 706	B	10W	930,000	(6416)
ASTM A 706	B	10W	935,000	(6451)
ASTM A 706	B	10W	940,000	(6485)
ASTM A 706	B	10W	945,000	(6520)
ASTM A 706	B	10W	950,000	(6554)
ASTM A 706	B	10W	955,000	(6589)
ASTM A 706	B	10W	960,000	(6623)
ASTM A 706	B	10W	965,000	(6658)
ASTM A 706	B	10W	970,000	(6692)
ASTM A 706	B	10W	975,000	(6727)
ASTM A 706	B	10W	980,000	(6761)
ASTM A 706	B	10W	985,000	(6796)
ASTM A 706	B	10W	990,000	(6830)
ASTM A 706	B	10W	995,000	(6865)
ASTM A 706	B	10W	1000,000	(6899)

Pipe Schedule																									
Size	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight	Length	Weight
1/2"	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10	10.00	0.10
3/4"	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15	15.00	0.15
1"	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20	20.00	0.20
1 1/4"	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30	30.00	0.30
1 1/2"	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40	40.00	0.40
2"	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60	60.00	0.60
2 1/2"	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80	80.00	0.80
3"	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00	100.00	1.00
3 1/2"	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20	120.00	1.20
4"	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40	140.00	1.40
4 1/2"	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60	160.00	1.60
5"	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80	180.00	1.80
5 1/2"	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00	200.00	2.00
6"	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20	220.00	2.20
6 1/2"	2.40	240.00	2.40	240.00	2.40	240.00	2.40																		

ITEM	SIZE	DESCRIPTION	PRICE \$/IN	PRICE CUB
3.00		PINE SCH 40 CS 4106-R SM5-BE (NACE)	23.94	USD
3.00		PINE SCH 40 CS 4106-R SM5-BE	28.55	USD
3.00		PINE SCH 40 CS 4106-R SM5-BE	29.88	USD
3.00		PINE SCH 40 CS 4106-R SM5-BE	22.91	USD
3.00		PINE SCH 40 CS 4106-R SM5-BE (NACE)	22.31	USD
3.00		PINE SCH 40 CS 4106-R SM5-BE (NACE)	22.31	USD
3.00		PINE SCH 40 CS 4106-R SM5-BE (NACE)	22.31	USD

✚ Dari kompresor ke dermaga dan dari dermaga ke daughter station

SIZE	SIZE 2	COMCODES/C	PRICE UN	PRICE CUR
1.80		PIPE SCH 80 CS A33 GR 6 (API 5L GR 6) SMALLS TWO GAL	23.00	USD
1.80		PIPE SCH 80S PIPE X 4700-53180S SMALLS PE	71.00	USD
1.80		PIPE SCH 80 CS A33 GR 6 (API 5L GR 6) SMALLS PE	7.67	USD
1.80		PIPE SCH 140 CS A33 GR 6 (API 5L GR 6) SMALLS PE	10.67	USD
1.80		PIPE SCH 80 CS A33 GR 6 (API 5L GR 6) SMALLS TWO GAL	23.00	USD
1.80		PIPE SCH 80 CS A33 GR 6 (API 5L GR 6) SMALLS PE	8.66	USD
1.80		PIPE SCH 140 CS A33 GR 6 SMALLS PE	7.33	USD
1.80		PIPE SCH 140 CS A33 GR 6 SMALLS PE (NACE)	7.34	USD
1.80		PIPE SCH 140 CS A33 GR 6 (API 5L GR 6) SMALLS PE	7.33	USD
1.80		PIPE XCS CS A33 GR 6 SMALLS PE (NACE)	10.83	USD

Flexible hose



Flexible Hose Silicone

Price: US \$ 1.89 / Meter
Production: FOB OF EXW
Payment Term: T/T
Time when I will: From Feb 24, 2016

8. Lampiran 8

Innovative CNG Trailer Introduction			
CNG Trailer Parameters			
Item	Enric Type I	Enric Type II	Type IV
Working Pressure	25MPa	25MPa	27.5MPa
Size	4000	4000	4000
Qty of valve	4 pcs	10 pcs	4 pcs
Trailer steel weight	24,100 kg	24,500	14,775 kg
Water Capacity	17.74m ³	25.4	33.77 m ³
Gas Capacity	5,281 Nm ³	7553 Nm ³	10,843 Nm ³
Gas Weight	1760 kg	540.5	7200 kg
Trailer steel weight with gas	25,860kg	30,000kg	21,975kg
CIMC 中集		Enric 安樂	

Innovative CNG Trailer Introduction			
Item	Enric Type I	Enric Type II	Type IV
Pressure after the charged	30MPa	30MPa	30MPa
Effective gas delivered per frame	4730Nm ³	6760Nm ³	9000Nm ³



Product Description:

1. Tires: 100-11120, 234R4, 800mm/350"10.3"10075) or DOT 3AA
2. Container: ISO Standard, 2050-40ft frame with end plugs, ISO container size 12192"2438"1435 (40 ft)
3. Loading/unloading method
4. Tare weight about 30Tm

Payment:

L/C, T/T

Delivery:

2-3 Months

Origin:

China

Minimum Order:

1

Packaging:

Skid

Inspection:

Third party

Samples:

Charge

Sample Price:

US\$150000

9.Lampiran 9



Spesifikasi kapal

NEW BUILD - SPOB 48m Tanker



General Description:

Please scroll down to view more photos

Flag: Indonesia

Type of Vessel: Steel Landing Craft Transport

Classification: BKI (Bureau Classification Indonesia) / NALSA

LOA: 48.00m

Registered Breadth: 9.00m

Registered Depth: 3.50m

Gross Tonnage: +/-475 tons

Main Engine: 405 HP x 2 Yanmar

Gear Box: 2x Hangzhou D 300A (New) ratio 1:4

Generator Set: 2 units YGT 40TL-M, YammurTNE 08-G1A, 33KVA (new)

Speed: 8 – 10 knots



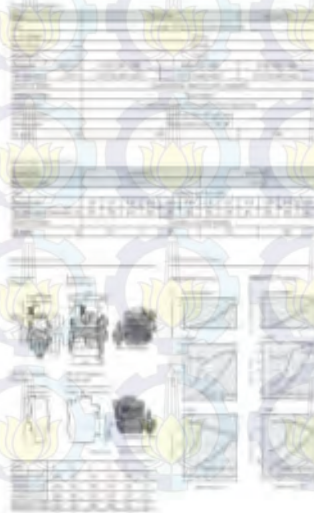
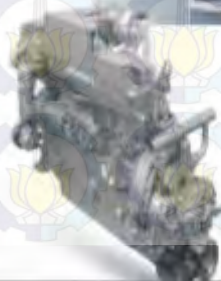
Spesifikasi *Engine* Kapal

YANMAR
Powering the World

MAKING THE WORLD RUN

6HA2M-WHT
Heavy Duty Diesel Engine

6HA2M-WDT
Heavy Duty Diesel Engine



Design Specifications

Model	Description		Manufacturer
Type	4-Phase Vertical Turbine-type down pump		
No. of Suction	10 Suction		
Body P. Material	Cast Iron	300-100	
Displacement	in	3.5 (100)	
Performance	Vertical Turbine	41-100 / 100-1000	41-100 / 100-1000
Flow rate (l/min)	100-1000	100-1000	100-1000
Operating pressure	100-1000	100-1000	100-1000
Operating temperature	100-1000	100-1000	100-1000
Operating voltage	100-1000	100-1000	100-1000
Operating current	100-1000	100-1000	100-1000
Operating power	100-1000	100-1000	100-1000
Operating speed	100-1000	100-1000	100-1000
Operating weight	100-1000	100-1000	100-1000

10. Lampiran 10

Medium	sweet/ Dry Natural gas
Inlet Pressure	maximum 250 bar
power required	30-45 kw
standard reference	ASME Standard
price	130000



BIODATA PENULIS



Yesty Magfiroh dilahirkan di Ponorogo pada hari Sabtu tanggal 20 Oktober 1990. Penulis merupakan putri pertama dari dua bersaudara dari pasangan Kuryadi dan Jumiati. Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 1 Karang Joho, SMP Negeri 1 Badegan, SMA Negeri 1 Ponorogo. Setelah menyelesaikan studi pada sekolah menengah atas penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh November

Jurusan Teknik Mesin pada tahun 2009. Penulis mengambil bidang studi Konversi Energi.

Selama masa perkuliahan penulis aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan. Pada tahun kedua penulis aktif sebagai staf departemen Internal DIMENSI Teknik Mesin ITS, sementara pada tahun ketiga penulis aktif sebagai Ketua Divisi Public Relationship DIMENSI Teknik Mesin ITS. Penulis juga aktif sebagai asisten laboratorium Perpindahan Panas dan Massa.

E-mail : Yestym@yahoo.com



Halaman ini sengaja dikosongkan

Studi Kelayakan Harga Perolehan Gas Cng di Bawean Sebagai Pengganti Hsd untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas

Yesty Magfiroh, Djatmiko Ichsani

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: djatmiko@me.its.ac.id

Abstrak—Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Kebutuhan listrik yang semakin tinggi menjadi tantangan bagi pemerintah serta PLN yang merupakan pemasok listrik dalam negeri. Salah satu defisit ekonomi Indonesia dikarenakan impor negara masih lebih tinggi, terutama untuk minyak. Solusi terbaik untuk menyelesaikan problem ini adalah melakukan diversifikasi energi dari bahan bakar minyak ke bahan bakar gas. Bahan bakar gas terutama CNG sangat cocok diterapkan di Indonesia. Salah satunya Pulau Bawean. Pulau Bawean yang disuplai 4 unit PLTD dengan menggunakan BBM HSD rencananya akan diganti dengan BBG CNG untuk PLTMG. Untuk itu perlu dibangun fasilitas penyediaan gas di Pulau Bawean. Pembangunan beberapa fasilitas harus dibangun secara cermat baik dari segi teknik maupun ekonomi. Proses analisa dilakukan secara teknik dan ekonomi. Dimulai dengan perhitungan konsumsi listrik di Pulau Bawean, pertimbangan daya tertinggi untuk pemilihan genset, perhitungan sfc genset, perhitungan kebutuhan gas di Pulau Bawean, perhitungan gas yang akan dibawa ke Bawean, perhitungan spesifikasi spesifikasi peralatan utama seperti compressor, CNG storage, Kapal pengangkut, Skid di Bawean, Pressure Reducing System. Kemudian dilanjutkan dengan analisa secara ekonomi dengan menggunakan kriteria Biaya investasi dan biaya operasi. Dari analisa ini didapatkan spesifikasi peralatan utama PLTMG diantaranya: CNG Kompresor Temperatur masuk 30° C, Tekanan masuk 2Mpa, daya 567,89 kw, kapasitas 4831,6 NCMH, CNG Storage kapasitas berat total 29888 kg, tekanan kerja 25 MPA, temperatur kerja -40°c-60°c, PRU tekanan masuk 250 bar, tekanan keluar 3 bar; spesifikasi kapal LOA 48 meter lebar 9 m, tinggi 3,5 meter, main engine 2x405HP, spesifikasi pipa ke kompresor diameter 3 in dan Schedule 40; spesifikasi pipa dari kompresor ke skid adalah diameter pipa 1 in schedule xxs; spesifikasi pipa dari dermaga ke daughter station adalah diameter pipa 1 in schedule xxs. Harga perolehan gas di Pulau Bawean yakni Rp 10.381,00 lebih murah dibandingkan dengan harga 1 liter HSD yang berkisar Rp 11 060,27

Kata Kunci—PLTMG, Gas alam, CNG, Pulau Bawean

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Kebutuhan listrik yang semakin tinggi menjadi tantangan bagi pemerintah serta PLN yang merupakan pemasok listrik dalam negeri untuk meningkatkan segala fasilitas maupun sarana untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Indonesia membutuhkan tambahan pasokan listrik sekitar 5700 Mega Watt (MW) hingga tahun 2022. Jika tidak ada pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut maka diperkirakan Indonesia akan mengalami krisis listrik.

Ada banyak tantangan untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut yaitu kondisi sosial dan geografis seperti banyaknya pulau terpencil yang belum dialiri listrik serta

tantangan pendanaan. Dana yang dibutuhkan mencapai sekitar Rp 80 triliun untuk memenuhi kebutuhan listrik itu. Jika kebutuhan listrik tidak terpenuhi, maka ekonomi akan berhenti, banyak pengangguran, penambahan daya dan pasokan tidak bisa dilayani. Pertumbuhan ekonomi serta kebutuhan listrik terlihat pada

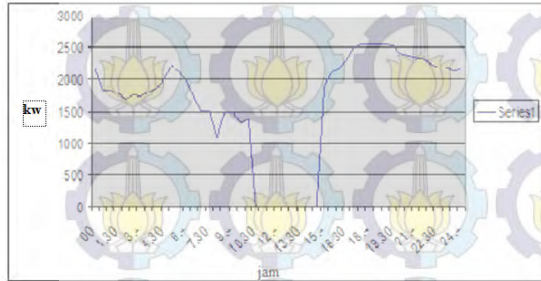
Di sisi lain, ekonomi Indonesia mulai lesu. Hal ini terlihat pada neraca perdagangan Indonesia periode 2009-2014. Defisit ekonomi di Indonesia dikarenakan impor negara masih lebih tinggi, terutama untuk minyak. Ini dikarenakan masyarakat Indonesia menggunakan 63% BBM untuk memenuhi kebutuhan energi.

Solusi terbaik untuk menyelesaikan problem ini adalah melakukan diversifikasi energi sesuai amanat Undang-Undang nomor 30 tahun 2007 tentang perlunya diversifikasi energi untuk mengurangi penggunaan minyak bumi. Bahan bakar gas terutama CNG sangat cocok diterapkan di Indonesia dengan kondisi kepulauan. Salah satunya Pulau Bawean. Pulau Bawean yang disuplai 4 unit pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan menggunakan BBM HSD rencananya akan diganti dengan BBG CNG (Compressed Natural Gas) untuk PLTMG. Yang menjadi masalah adalah di Pulau Bawean belum ada fasilitas penyedia pasokan gas. Untuk itu perlu dibangun fasilitas penyediaan gas di pulau Bawean, dimana gas direncanakan berasal dari Gresik. Pembangunan beberapa fasilitas tentunya harus dihitung secara cermat baik dari segi teknik maupun secara ekonomi. Untuk mengetahui apakah proyek ini menguntungkan atau tidak, maka perlu dilakukan Studi kelayakan harga perolehan gas CNG di Bawean sebagai pengganti HSD untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG).

II. METODE

A. Analisa berdasarkan Kurva beban listrik di Pulau Bawean

Proses perhitungan kebutuhan gas CNG di pulau Bawean memerlukan data inputan. Data inputannya adalah kurva beban listrik di Pulau Bawean seperti tertera pada gambar 1, dibawah ini:



Gambar 1 Kurva beban listrik di Pulau Bawean

Setelah diketahui kurva beban listrik di Pulau Bawean, maka dicari daya tertinggi dari kebutuhan listrik, kemudian dicari *gas engine* yang sesuai dengan daya maksimum yang terpasang. Setelah dipilih *gas engine*, selanjutnya dihitung *specific fuel consumption* dari *gas engine* yang terpilih untuk kemudian dihitung kebutuhan listrik perhari di Pulau Bawean. Kebutuhan listrik perhari di Pulau Bawean dicari berdasarkan perkalian antara *sfc gas engine* dengan total kebutuhan listrik perhari di Pulau Bawean. Setelah diketahui kebutuhan listrik di Pulau Bawean perhari maka akan dimulai perhitungan spesifikasi beberapa peralatan utama, seperti kompresor, *cng storage skid*, PRU, Kapal, pipa yang menghubungkan *mother station* dan *daughter station*. Perhitungan beberapa spesifikasi peralatan utama menggunakan analisa *thermodinamika* untuk selanjutnya dianalisa secara ekonomi dengan mempertimbangkan biaya investasi dan operasi.

B. Analisa Teknik

Perhitungan diameter pipa

$$v = 0,002122 \left(\frac{Q_b}{d^2} \right) \left(\frac{P_b}{T_b} \right) \left(\frac{ZT}{P} \right) \quad (2.1)$$

Dimana:

- v = Kecepatan aliran gas (ft/s)
- Q_b = laju aliran gas (MMSCF)
- P_b = tekanan base (Psia)
- T_b = temperatur base (°R)
- z = faktor kompresibilitas (1)
- T = temperatur gas (°R)
- p = tekanan gas (Psia)
- d = Diameter pipa (inchi)

Steel Pipe Design Formula

Desain tekanan untuk sistem pipa gas atau *nominal wall thicknes* untuk desain tekanan yang sudah diketahui ditentukan menggunakan formula:

$$t = \frac{Px D}{2x S x T x F x E} \quad (2.2)$$

Dimana:

- P = Tekanan inlet pipa (Psig)
- D = diameter pipa (in)
- S = Yield Strength (ASME B318 Table D-1)

T = Temperatur derating factor (ASME B31.8 Table 841.1.8-1)

F = Design Factor (ASME B31.8 Table 841.1.6-1)

E = Longitudinal Joint Factor (ASME B31.8 Table 841.1.7-1)

Pressure Drop pada Pipa

Pressure drop yang terjadi di dalam tube terdiri dari *major losses* dan *minor losses*. *Major losses* terjadi akibat adanya gesekan di dalam tube sedangkan *minor losses* terjadi karena perubahan arah aliran di dalam tube, perubahan luasan permukaan.



Gambar 2. Pipa

• Panhandle Equation

Untuk mengetahui *pressure drop* pada pipa gas maka digunakan persamaan :

$$p_1^2 - p_2^2 = \left[L_m Z S^{0.961} T_1 \left(\left[\frac{Q}{0.028 E} \right]^{1.96} \right) X \left[\frac{1}{d^{4.96}} \right] \right] \quad (2.3)$$

Keterangan:

p_1 = Tekanan inlet pipa (Psia)

L_m = panjang pipa (mile)

Z = compressibility factor ($z=1$ untuk *standard condition*)

S = specific gravity gas ($S=1$)

T_1 = temperatur inlet pipa (°R)

E = Longitudinal joint factor

d = internal diameter pipa (in)

Q = flowrate (MMSCFD)

Dasar Thermodinamika

Pada suatu volume atur dalam keadaan tunak, kondisi massa yang berada di dalam volume atur dan pada daerah batasnya, tidak berubah menurut waktu. Laju aliran massa serta laju perpindahan energi oleh kalor dan kerja juga konstan terhadap waktu, dengan demikian $[dE]_{cv}/dt = 0$. Hal ini dapat dilihat dari persamaan balance massa dan balance energi:

Balance massa

$$\frac{dm_{cv}}{dt} = \sum_e \dot{m}_e - \sum_i \dot{m}_i \quad (2.4)$$

dengan asumsi *steady state* sehingga:

$$\sum_e \dot{m}_e = \sum_i \dot{m}_i$$

Balance energi

$$\frac{dm_{cv}}{dt} = \dot{Q}_{cv} - \dot{W}_{cv} + \dot{m}_i \left(h_i + \frac{v_i^2}{2} + gz_i \right) - \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right) \quad (2.5)$$

Untuk *enthalpy*: $h = u_t + pv$

Untuk gas ideal $cp(T) = dh/dT$

$$\int_1^2 dh = \int_1^2 cp(T) dT$$

$$h(T_1) - h(T_2) = \int_1^2 cp(T) dT$$

Dengan asumsi *steady state* serta energi kinetik dan potensial diabaikan.

Maka didapatkan:

$$\dot{W}_{cv} = \dot{m} c_p (T_i - T_e) \quad (2.6)$$

Dimana: c_p = kalor spesifik (kJ/kgK)
 T = temperatur (K)
 \dot{W}_{cv} = kerja (kJ/s)
 \dot{m} = laju alir massa (kg/s)
 h = enthalpy (kJ/kg)

C. Analisa Ekonomi

Biaya Investasi

Biaya investasi adalah biaya-biaya untuk investasi peralatan-peralatan utama dan peralatan-peralatan pendukung, biaya investasi untuk kegiatan pengembangan (FS, Basic Design), investasi untuk penggantian (*replacement*), infrastruktur, utilities dan lain-lain. Secara umum basis untuk mengestimasi *capital expenditure* (CAPEX) adalah biaya-biaya yang harus dikeluarkan untuk Pembelian peralatan dan pemasangannya, Instrumentasi dan kontrol, Perpipaan (*piping*) Peralatan-peralatan listrik, Gedung, Fasilitas-fasilitas servis *water treatment plant*, dst. Peralatan-peralatan yang bergerak (*mobile equipments*), Infrastruktur seperti fasilitas pelabuhan, bandara, jalan, fasilitas akomodasi.

Biaya Modal Kerja (*Working Capital*)

Biaya modal kerja adalah biaya yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan biaya produksi sampai dengan suatu waktu dimana perusahaan bisa memperoleh pendapatan dari hasil penjualan produk yang dapat digunakan untuk membiayai produksinya. Sumber dana bias dari hutang/pinjaman dari bank dan modal sendiri (*equitas*).

Biaya Operasi

Biaya Operasi (*operating expenditure*) adalah besarnya dana yang harus dikeluarkan untuk membiayai semua kegiatan operasi hingga produk siap untuk dijual. Basis untuk menentukan biaya operasi (*operating cost*) adalah biaya-biaya yang harus dikeluarkan untuk Bahan habis (*consumables seperti reduktor, asamsulfat, limestone, flokulan dan termasuk bahan bakar/fuels*), *Labour (managers, engineers, operators, administration, services)*, *Maintenance cost Mining, cost Product transportation Fixed charges such as taxes, depreciation, insurance Office cost such as communication Sales and marketing expenses Environmental management Community development Research and development*

Analisa Perolehan harga gas

Biaya investasi

$$F = p \left[1 + \frac{i}{12} \right]^n \quad (2.7)$$

Dimana F = Biaya investasi (Rp)

I = discount rate (%)

N = jumlah bulan

Biaya Produksi

$$pv = s \left[\frac{1 - \left(\frac{1}{1+i} \right)^N}{i} \right] \quad (2.8)$$

Dimana Pv = Present value

i = discount rate (%)

N = jumlah bulan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kebutuhan Listrik di Pulau Bawean

Dari kurva beban listrik di Pulau Bawean kemudian dilakukan analisa dengan metode pendekatan luasan, sehingga didapatkan kebutuhan listrik perhari sebesar 42,043 MWH.

Pemilihan *engine* dilakukan berdasarkan konsumsi daya listrik tertinggi di Pulau Bawean yakni 2500 kw atau 2,5 MW. Namun sebagai antisipasi adanya pertambahan daya dan yang lainnya maka dipilih *engine* dengan daya yang besarnya diatas 2,5 MW. Peningkatan kebutuhan listrik pertahun berdasarkan RUPTL 2015-2024 sebesar 8,7%. Sehingga Daya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut,

$$\text{Daya} = (1 + (8,7\% \times 3)) \times 2,5 \text{ MW} = 3,2 \text{ MW}$$

Gas Engine yang dipilih adalah dari *Jenbacher* berjumlah 3 dengan daya masing masing 1,067 MW.

Perhitungan flow gas (sumber: wikipedia)

$$Q = \frac{P}{\eta} \times \frac{1}{\text{Heating Value}}$$

$$Q = \frac{1067 \text{ kw}}{0,412} \times \frac{1}{1000 \frac{\text{Btu}}{\text{scf}}} \times \frac{3412,14 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}}{1 \text{ kw}}$$

$$Q = 8836,78 \frac{\text{scf}}{\text{h}}$$

Perhitungan Heat Rate (sumber www.t2e3.com)

$$\text{heat rate} = \frac{\text{flow gas} \times \text{heating value}}{\text{power output}}$$

$$\text{heat rate} = \frac{8836,78 \frac{\text{scf}}{\text{h}} \times 1000 \frac{\text{Btu}}{\text{scf}}}{1067 \text{ kw}}$$

$$\text{heat rate} = 8281,89 \frac{\text{Btu}}{\text{kWH}}$$

Specific fuel consumption

$$\text{SFC} = 8281,89 \frac{\text{Btu}}{\text{kWH}} \times \frac{1 \text{ scf}}{1000 \text{ btu}} \times \frac{1000 \text{ kwh}}{1 \text{ MWH}}$$

$$\text{SFC} = 8281,89 \frac{\text{scf}}{\text{MWH}}$$

Konsumsi gas per hari di Pulau Bawean

$$\text{konsumsi gas} = \text{produksi listrik} \times \text{sfc}$$

$$\text{konsumsi gas} = 42,043 \frac{\text{MWH}}{\text{D}} \times 8281,893204 \frac{\text{scf}}{\text{MWH}}$$

$$\text{konsumsi gas} = 348 195,636 \frac{\text{SCF}}{\text{D}}$$

$$\text{konsumsi gas} = 348 195,636 \frac{\text{SCF}}{\text{D}} \times \frac{1 \text{ MMSCF}}{1000 000 \text{ scf}}$$

$$\text{konsumsi gas} = 0,348 195636 \frac{\text{MMSCF}}{\text{D}}$$

$$\text{konsumsi gas} = 0,35 \frac{\text{MMSCF}}{\text{D}}$$

Gas yang akan diangkut ke Pulau Bawean.

Kebutuhan gas di Pulau Bawean perhari adalah 0,35 MMSCFD. Gas dibawa ke Pulau Bawean menggunakan kapal. Dimana waktu kapal berlayar dari Gresik ke Bawean memerlukan waktu 2 hari, dengan perincian ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. waktu kapal berlayar

	Waktu yang dibutuhkan
Loading	8 jam
Gresik - Bawean	10 jam
Unloading	8 jam
Bawean - Gresik	10 jam
Total	36 jam = 2 hari

Selain membawa kebutuhan gas untuk operasional selama 2 hari, kapal juga membawa kebutuhan *buffer stock* untuk 4 hari. Sehingga total kebutuhan gas yang dibawa oleh kapal adalah untuk keperluan Pulau Bawean selama 6 hari.

Gas di Gresik diambil pada waktu beban rendah pada pukul 23.00 sampai dengan 07.00 (8 jam). Sehingga gas yang harus dibawa,

$$\text{Gas yang dibawa} = 6 \times 0,35 \frac{\text{MMSCF}}{\text{Day}} = 2,1 \text{ MMSCF}$$

Perhitungan Kompresor

Kapasitas kompresor

$$\text{Kapasitas komp.} = 6 \times 0,35 \frac{\text{MMSCF}}{\text{Day}} \times \frac{1 \text{ Day}}{8 \text{ h}} \times \frac{1000 \text{ 000 SCF}}{1 \text{ MMSCF}}$$

$$= 262 \text{ 500 SCFH}$$

$$\text{Kapasitas kompresor} = 262 \text{ 500} \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} \times \frac{(0,3048)^3 \text{ m}^3}{1 \text{ ft}^3}$$

$$= 7433,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$= 7433,2 \text{ NCMH}$$

Diambil faktor keamanan 30%, sehingga

$$\text{Kapasitas kompresor} = (1+0,3) \times 7433,2 \text{ NCMH}$$

$$\text{Kapasitas kompresor} = 9663,124 \text{ NCMH}$$

Daya Kompresor

Kompresor diasumsikan adiabatik.

$$\frac{T_{2s}}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}$$

$$T_{2s} = T_1 \times \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}$$

$$T_{2s} = 303,15 \times \left(\frac{250}{22}\right)^{(1,27-1)/1,27}$$

$$T_{2s} = 508,23 \text{ K}$$

$$W_{cs} = \dot{m} x C_p x [T_{2s} - T_1]$$

$$W_{cs} = \dot{m} x 2,37 \frac{\text{KJ}}{\text{kgK}} x [508,23 - 303,15] \text{ K}$$

$$W_{cs} = \dot{m} x 486,1 \text{ kJ/kg}$$

Dimana

$$\dot{m}_{gas} = \rho_{gas} x Q_{gas}$$

$$\dot{m}_{gas} = 0,74 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} x 2,68 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m}_{gas} = 1,99 \text{ kg/s}$$

$$W_{cs} = 1,99 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} x 486,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$W_{cs} = 965,42 \text{ KJ/s}$$

$$W_{cs} = 965,42 \text{ KW}$$

$$W_{ca} = \frac{W_{cs}}{\eta_{kompresor}}$$

$$W_{ca} = \frac{965,42 \text{ kJ/s}}{0,85}$$

$$W_{ca} = 1135,79 \text{ kJ/s}$$

Dari perhitungan didapatkan daya kompresor 1135,79 kw. Dalam pemilihan kompresor dipilih 3 kompresor dengan daya masing masing 567,89 kw dan kapasitas 4831,6 NCMH dengan kondisi 2 beroperasi dan 1 standby.

Sesuai perhitungan didapatkan katalog kompresor:

Pressure inlet = 22 bar

Temperatur inlet = 30°C

Q (kapasitas kompresor) = 4845 NCMH

Daya = 570,13 KW

Price = USD 333890,9

Perhitungan Spesifikasi Pipa

Perhitungan pipa meliputi perhitungan pipa di *mother station* yaitu dari *gas tapping* menuju CNG kompresor dan dari CNG kompresor menuju dermaga. Panjang pipa dari *gas tapping* 250 m sedangkan dari CNG kompresor ke dermaga adalah 100 m. perhitungan dimulai dengan menghitung diameter pipa, selanjutnya perhitungan *wall thickness* pipa menggunakan persamaan dari ASME B 3.18. setelah diketahui *wall thickness* pipa, selanjutnya ditentukan *schedule* pipa. Pipa yang dipilih adalah jenis *Carbon steel pipe* dikarenakan biasa digunakan di industri migas. Pipa *carbon steel pipe* memiliki kekuatan yang tinggi, kenyal, dapat dilas dan tahan lama. Berdasarkan perhitungan didapatkan spesifikasi pipa sebagai berikut:

-dari gas tapping ke kompresor diameter pipa 3 in sch 40

-dari CNG kompresor diameter pipa 1 in SCH XXS

-dari skid di kapal ke daughter station diameter 1 in sch XXS

Pemilihan CNG Storage

CNG Storage (*skid*) yang dipilih adalah dari merk *Enric* dengan type 1 dengan diketahui bahwa volume gas yang terkirim adalah 4730 Nm³, sehingga jumlah skid yang diperlukan untuk membawa gas dari Gresik ke Pulau Bawean adalah sebagai berikut:

$$\text{jumlah skid} = \frac{\text{total gas} : \text{volume gas}}{1 \text{ skid}}$$

$$\text{jumlah skid} = 59 \text{ 472 NCM} \times \frac{1 \text{ skid}}{4730 \text{ Nm}^3}$$

$$\text{jumlah skid} = 11,99 \text{ skid}$$

$$\text{jumlah skid} = 12 \text{ skid}$$

Jadi sekali berlayar ke Pulau Bawean, kapal membawa 12 skid. Pada tabel 2 dibawah ini ditunjukkan spesifikasi CNG storage yang dipilih.

Tabel 2 Spesifikasi CNG storage

CNG Storage	Ket.
Total weight	29886 kg
Jumlah tube	8 tube
Tekanan kerja	25 Mpa
Temperatur	-40 °C – 60°C
Kapasitas	5218 NCMH
Effective gas delivered per skid	4730 NCMH
Dimension	12192x2438x1400 mm
Price	USD 150000/unit

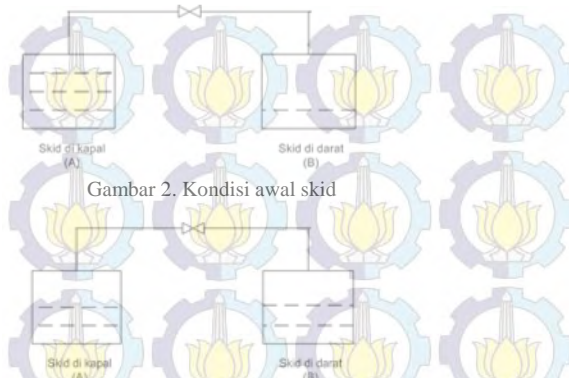
Pemilihan Kapal pengangkut CNG

Kapal yang dipilih harus dapat untuk mengangkut CNG Skid dan dengan dimensi disesuaikan dengan CNG Skid. Dari perhitungan diperoleh panjang total kapal 39 384 mm dan DWT 500 ton. Dari kedua hasil tersebut maka dicocokkan dengan katalog yang ada di pasaran. Dipilih kapal SPOB dengan klasifikasi BKI, LOA 48 Meter, lebar 9 meter, tinggi 3,5 meter, main engine 2x405 HP.

Perhitungan kompresor di Pulau Bawean

Gas mengalir dari skid di kapal ke skid di darat melalui pipa sampai temperatur dan tekanan kesetimbangan. Setelah temperatur dan tekanan setimbang, maka gas dari

skid tidak bisa mengalir melalui pipa. Maka dibutuhkan kompresor untuk menyedot gas di skid pada kapal hingga semua gas mengalir ke skid di *daughter station*.



Dari perhitungan menggunakan balance massa dan balance energi, gas mencapai kesetimbangan pada saat temperatur 311,04 K dan tekanan kesetimbangan 133,78 bar.

Setelah mencapai kesetimbangan ini, maka gas sudah tidak dapat mengalir lagi. Kompresor diperlukan untuk menyedot sisa gas yang ada di skid kapal untuk dialirkan semua menuju ke skid di *daughter station*.

Dengan perhitungan menggunakan analisa thermodinamika didapatkan kompresor dengan daya 179,82 kw.

Perhitungan system PRU

Gas dari skid *daughter station* selanjutnya dialirkan ke *Gas Engine*. Gas dari skid mempunyai tekanan 250 bar and temperatur 300K. Kondisi masukan gas engine adalah 3 bar dan temperatur 300 K. Untuk menyesuaikan kondisi masukan gas engine maka tekanan gas harus diturunkan dari 250 bar ke 3 bar. Disisi lain saat tekanan diturunkan, temperatur juga ikut turun bahkan menjadi minus. Untuk menjaga agar temperatur masukan gas engine tetap 300K, sedangkan tekanan menjadi 3 bar maka diperlukan *pressure reducing unit*.

Pressure reducing unit digunakan untuk menurunkan tekanan dari 250 bar menjadi tekanan masuk yang diisyaratkan pembangkit yaitu 3 bar. Penurunan tekanan menyebabkan penurunan temperatur. Untuk itu perlu diberi media pemanas air agar temperatur akhir atau temperatur masuk pembangkit sama dengan temperatur lingkungan.

Dengan menggunakan analisa thermodinamika didapatkan daya untuk pemanas PRU 62,82 KW. Untuk kebutuhan air pemanas PRU dijabarkan berikut ini:

Kebutuhan air panas

Asumsi : $T_{in} = 500^{\circ}\text{C} = 500^{\circ}\text{K}$

$T_{out} = 75^{\circ}\text{C} = 320^{\circ}\text{K}$

Mencari massa air pemanas:

$$Q = \dot{m} c_p x (T_2 - T_1)$$

$$Q = \dot{m} x 0,74 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} x (500\text{k} - 320\text{k})$$

$$31,41 \text{ kw} = \dot{m} x 0,74 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} x (500\text{k} - 320\text{k})$$

$$\dot{m} = 0,24 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

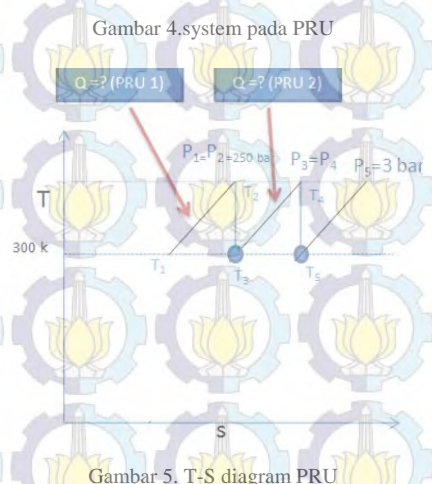
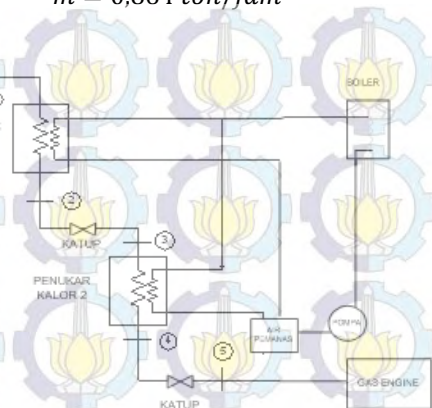
Massa air yang dibutuhkan untuk memanaskan PRU adalah sebagai berikut:

$$m = \dot{m} x t$$

$$m = 0,24 \frac{\text{kg}}{\text{s}} x 3600\text{s}/1\text{jam}$$

$$m = 864 \text{ kg/jam}$$

$$m = 0,864 \text{ ton/jam}$$



Analisa Ekonomi

Asumsi dalam melakukan kajian finansial

• Periode studi

Kajian finansial rencana pemanfaatan kelebihan gas (CNG) dari PLTU Gresik ke Pulau Bawean dilakukan untuk periode studi 15 tahun. Hal ini mempertimbangkan umur ekonomis dari beberapa peralatan utama yang digunakan.

• Nilai tukar uang

Asumsi dalam kajian finansial ini adalah USD 1= IDR 13227 yang merupakan nilai tukar yang biasanya dipakai sebagai asumsi dalam studi kelayakan.

• Sumber pendanaan

Pendanaan untuk proyek pemanfaatan kelebihan gas (CNG) dari Gresik ke Bawean dibiayai dari pinjaman.

• Waktu Pembangunan

Lama pembangunan fasilitas pembangkit Listrik Tenaga Mesin gas ini selama satu tahun

• Waktu Produksi

Pembangunan fasilitas dilaksanakan selama 1 tahun, sehingga produksi gas dimulai pada awal tahun ke-2.

Tabel 3 Harga Beli Komponen

komponen	USD/UNIT	unit	Rp/unit	Harga Total
cng skid	150000	24	Rp 3.600.000	Rp 47.617.200.000
cng kompresor	333890,9	3	Rp 1.001.673	Rp 13.249.124.803
cng kompresor	145032,57	3	Rp 435.098	Rp 5.755.037.410
PRU	130000	2	Rp 260.000	Rp 3.439.020.000
kapal	453617,6004	1	Rp 453.618	Rp 6.000.000.000
pipa			Rp 23.355.575	Rp 23.355.575
total				Rp 76.083.737.788

Dari perhitungan biaya investasi diketahui biaya investasi total Rp 85 206 560 232,00.

Volume gas yang dibawa dari Gresik ke Pulau Bawean adalah 0,35 mmscf, setara dengan 350 mmbtud. Adapun perhitungan total gas yang dibawa ke Pulau Bawean selama satu tahun adalah sebagai berikut:

Volume gas = 350 MMBTU/day x 365 day/tahun

Volume gas 1 tahun = 127 750 MMBTU

Unit cost investasi Rp 114 013 /MMBTU

Biaya operasi

Biaya operasi meliputi biaya listrik yang dikeluarkan oleh peralatan utama seperti kompresor, PRU, biaya perawatan pipa, transport kapal, biaya pegawai, maintenance peralatan utama selama satu tahun. Untuk memperoleh unit cost, maka semua kebutuhan dibagi dengan volume gas selama setahun. Rincian biaya operasi dan investasi tercantum pada tabel 4.

Tabel 4. Harga Perolehan Gas

Keterangan	Harga/MMBTU
investasi	Rp 114.013
kompresi Gresik	Rp 19.365
transport laut	Rp 44.108
kompresi bawean	Rp 3.329
PRU	Rp 9.446
PIPA	Rp 9
Harga Perolehan	Rp 190.271

Dari perhitungan diatas biaya perolehan gas di pulau bawean adalah Rp 190 271 per MMBTU. Dari konversi kesetaraan diketahui bahwa 1 lt-HSD = 36,7 sfc gas alam.

$$\text{Harga perolehan gas} = \frac{\text{Rp } 190.271}{\text{MMBTU}} \times \frac{0,0367 \text{ MMBTU}}{\text{lt-HSD}} = \text{Rp } 6.983,00 / \text{ltHSD}$$

Harga pokok gas adalah Usd 7/Mmbtu. Harga pokok gas setara dengan satu liter HSD adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Harga pokok} &= \text{USD } 7 / \text{Mmbtux } 13227 / \text{MMBTU} \\ &= \text{Rp } 92.589,00 / \text{mmbtu} \\ \text{Harga pokok} &= \frac{\text{Rp } 92.589,00}{\text{MMBTU}} \times \frac{0,0367 \text{ MMBTU}}{\text{lt-HSD}} \\ &= \text{Rp } 3.398,00 / \text{literHSD}. \end{aligned}$$

Harga perolehan gas

$$\begin{aligned} \text{Harga gas} &= \text{Rp } 6.983,00 / \text{liter HSD} + \text{Rp } 3.398,00 / \text{ltHsd} \\ &= \text{Rp } 10.381,00 / \text{liter HSD}. \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa Harga perolehan gas Rp 10 381,00 lebih murah dibandingkan dengan harga 1 liter HSD yang berkisar Rp 11 060,27 .

IV KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Spesifikasi Alat utama dan alat lainnya dalam pembangunan PLTMG ini diantaranya:

- CNG Kompresor Temperatur masuk 30° c, Tekanan masuk 2Mpa, kapasitas 4831,6 NCMH , daya 567,89 kw

- spesifikasi CNG Storage diantaranya kapasitas berat total 29888 kg, tekanan kerja 25 MPA, temperatur kerja -40°c-60°c

- spesifikasi PRU tekanan masuk 250 bar, tekanan keluar 3 bar

- spesifikasi kapal LOA 48, meter lebar 9 m, tinggi 3,5 meter, main engine 2x405HP

- spesifikasi pipa dari gas tapping ke kompresor diameter 3 in dan Schedule 40

- spesifikasi pipa dari kompresor ke skid adalah diameter pipa lin jenis *schedule xxs*

- spesifikasi pipa dari dermaga ke *daughter station* adalah diameter pipa lin jenis *schedule xxs*

2. Dari hasil perhitungan didapatkan harga perolehan gas di Pulau Bawean adalah Rp 10.381,00 yang merupakan hasil dari pertambahan biaya investasi serta biaya operasi alat utama PLTMG.

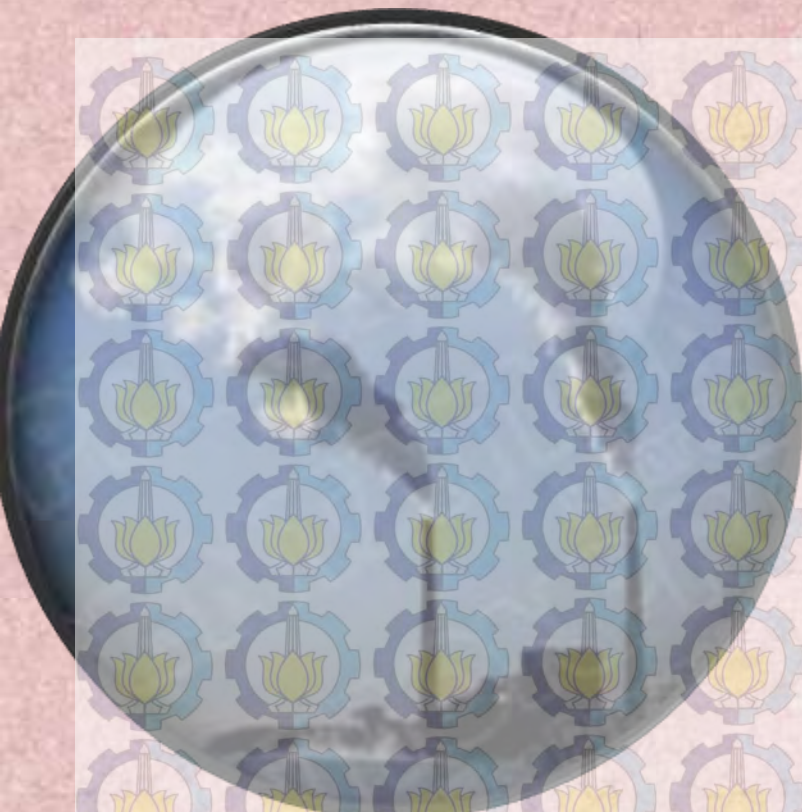
3. Harga perolehan gas di Pulau Bawean yakni Rp 10.381,00 lebih murah dibandingkan dengan harga 1 liter HSD yang berkisar Rp 11 060,27

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada laboratorium Perpindahan Panas dan Massa Jurusan Teknik Mesin Faklutas Teknologi Industri ITS yang telah banyak mendukung kelancaran penelitian kali ini.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Mechanical Engineer, 2004 "ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems", USA.,
- Fox, Robert and McDonald, Alan. T 1998. "Introduction to Fluid and Mechanics " fifth edition", SI Version, John Wiley&Sons, Inc, Canada.,
- Moran, Michael dan Shapiro, Howard N. 1994., "Termodinamika Teknik Jilid 1", edisi 4, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Pujawan, I Nyoman 1995, "Ekonomi Teknik" , edisi pertama, Penerbit Guna Widya, Surabaya.



LOADING





STUDI KELAYAKAN HARGA PEROLEHAN GAS CNG DI BAWEAN SEBAGAI PENGGANTI HSD UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN GAS

YESTY MAGFIROH
2109100025

DOSEN PEMBIMBING:
Prof. Dr. Djatmiko Ichsani

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya



LATAR BELAKANG

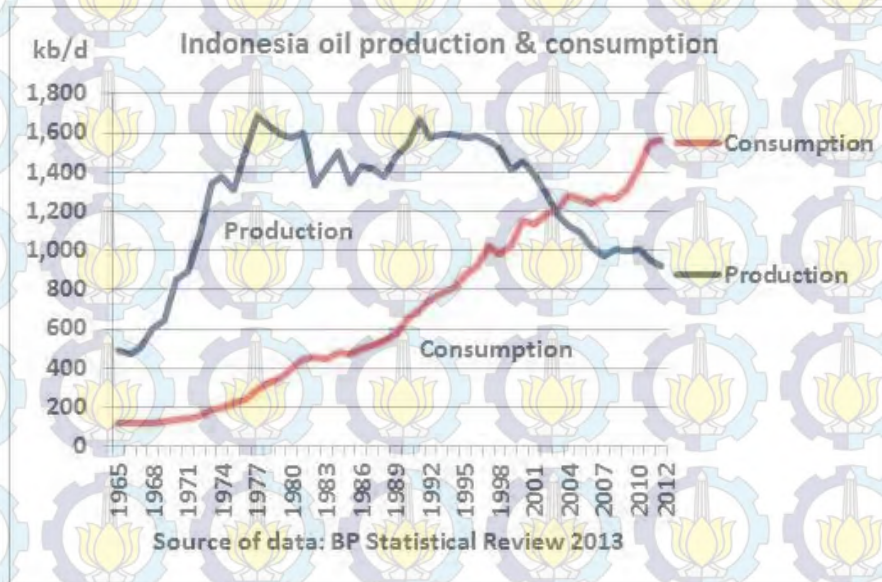


Tahun	Pertumbuhan Ekonomi (%)	Penjualan Energi (GWh)	Produksi Energi (GWh)	Beban Puncak (Mw)	Pelanggan
2013	6,08	3.925	4.137	730	991.517
2014	6,4	4.271	4.500	792	1.071.517
2015	7,37	4.656	4.905	861	1.144.055
2016	7,37	5.079	5.351	936	1.217.950
2017	7,37	5.537	5.832	1.017	1.288.056
2018	7,37	6.037	6.359	1.106	1.356.410
2019	7,37	6.585	6.935	1.202	1.427.677
2020	7,37	7.184	7.565	1.307	1.501.977
2021	7,37	7.840	8.255	1.422	1.552.374
2022	7,37	8.557	9.009	1.548	1.601.704
Growth (%)	7,14	9,04	9,03	8,7	5,48

Sumber: RPUTL 2010-2019

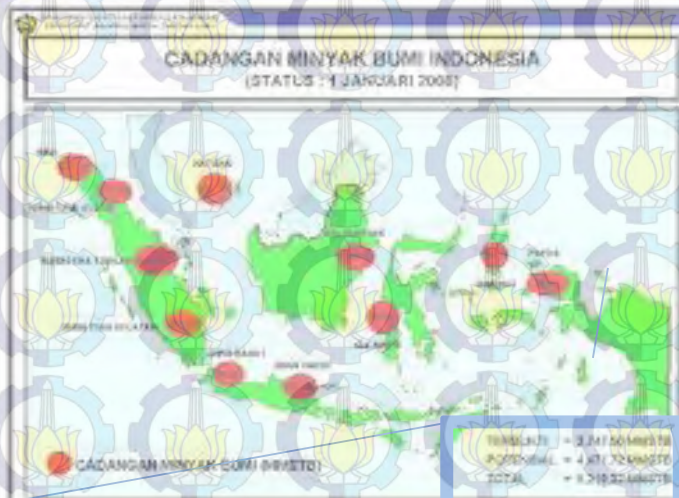
**IMPOR BBM
INDONESIA MASIH
TINGGI**

KEBUTUHAN LISTRIK DI INDONESIA

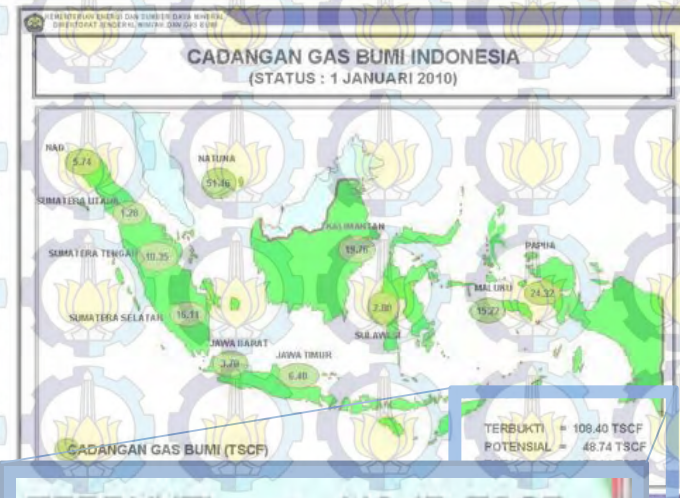


LATAR BELAKANG

CADANGAN GAS ALAM LEBIH BESAR DIBANDING MINYAK BUMI



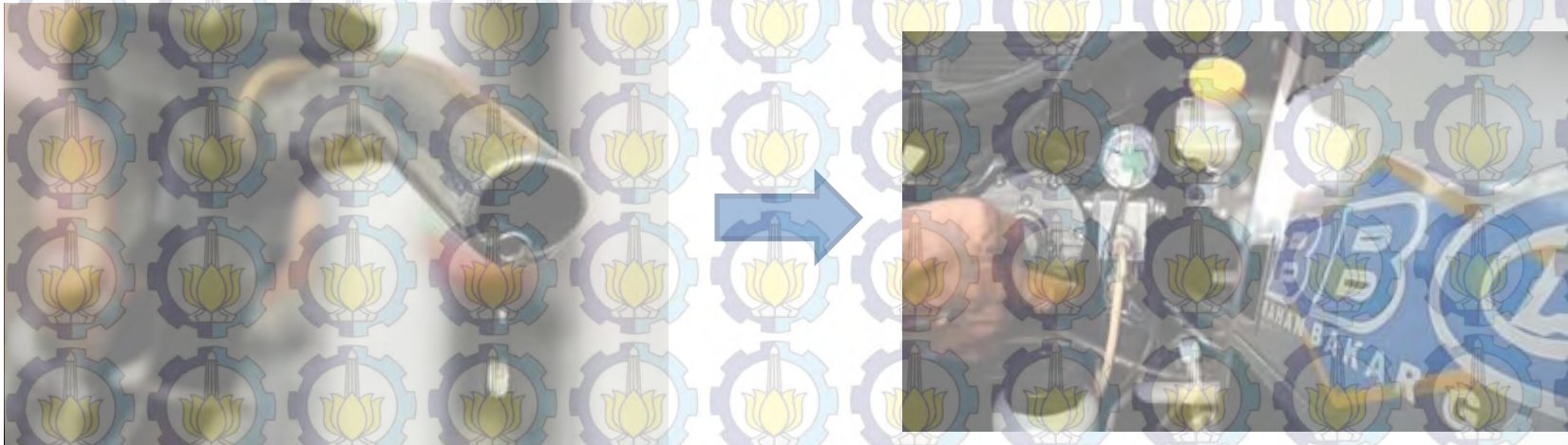
TERBUKTI = 3.747.50 MMSTB
POTENSIAL = 4.471.72 MMSTB
TOTAL = 8.219.22 MMSTB



TERBUKTI = 112.47 TSCF
POTENSIAL = 57.60 TSCF
TOTAL = 170.07 TSCF

LATAR BELAKANG

ADANYA PROGAM DIVERSIFIKASI ENERGI



RUMUSAN MASALAH

APAKAH PEMBANGUNAN CNG
DI PULAU BAWEAN LAYAK
SEBAGAI PENGGANTI HSD
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MESIN ?

GRESIK



CHANGE

HSD

CNG

TUJUAN

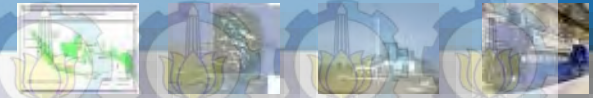
Analisa Teknik serta menentukan spesifikasi peralatan utama

PLTMG

Mengetahui harga perolehan gas di P.Bawean yang meliputi harga pokok gas ditambah dengan biaya kompresi transportasi dan dekompresi

Membandingkan harga gas di Pulau Bawean dengan harga HSD Non subsidi

MANFAAT PENELITIAN



Memperluas pengetahuan tentang studi teknik mengenai sistem CNG serta analisa finansial Ekonomi Teknik

Mengetahui Kelayakan sistem CNG untuk pembangkit P.Bawean

Melakukan program diversifikasi energi dari BBM (Bahan Bakar Minyak) ke BBG (Bahan Bakar Gas)

Ikut mengurangi tingkat pencemaran udara yang disebabkan oleh pembakaran BBM

Mengurangi ketergantungan PLN terhadap ketergantungan BBM

Mengurangi biaya pembangkit dari BBM ke BBG (Penghematan biaya pembangkit listrik dari BBM ke Bahan bakar Gas)

BATASAN MASALAH



Analisa berdasarkan konsumsi energi listrik di Pulau Bawean

Analisa penelitian hanya dibatasi pada *analisa teknik* serta *analisa finansial*

Spesifikasi peralatan seperti, kompresor, skid, *pressure reducing system* terbatas pada tekanan dan temperatur kerja yang pada umumnya dipakai

Kajian finansial harga perolehan gas CNG di Bawean sebagai pengganti HSD untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) dilakukan untuk periode studi selama 15 tahun

Kriteria kelayakan ekonomi dianalisa berdasarkan Biaya investasi dan biaya operasi

TINJAUAN PUSTAKA

kelayakan desain PLTU perak menjadi gas secara teknik dan ekonomi

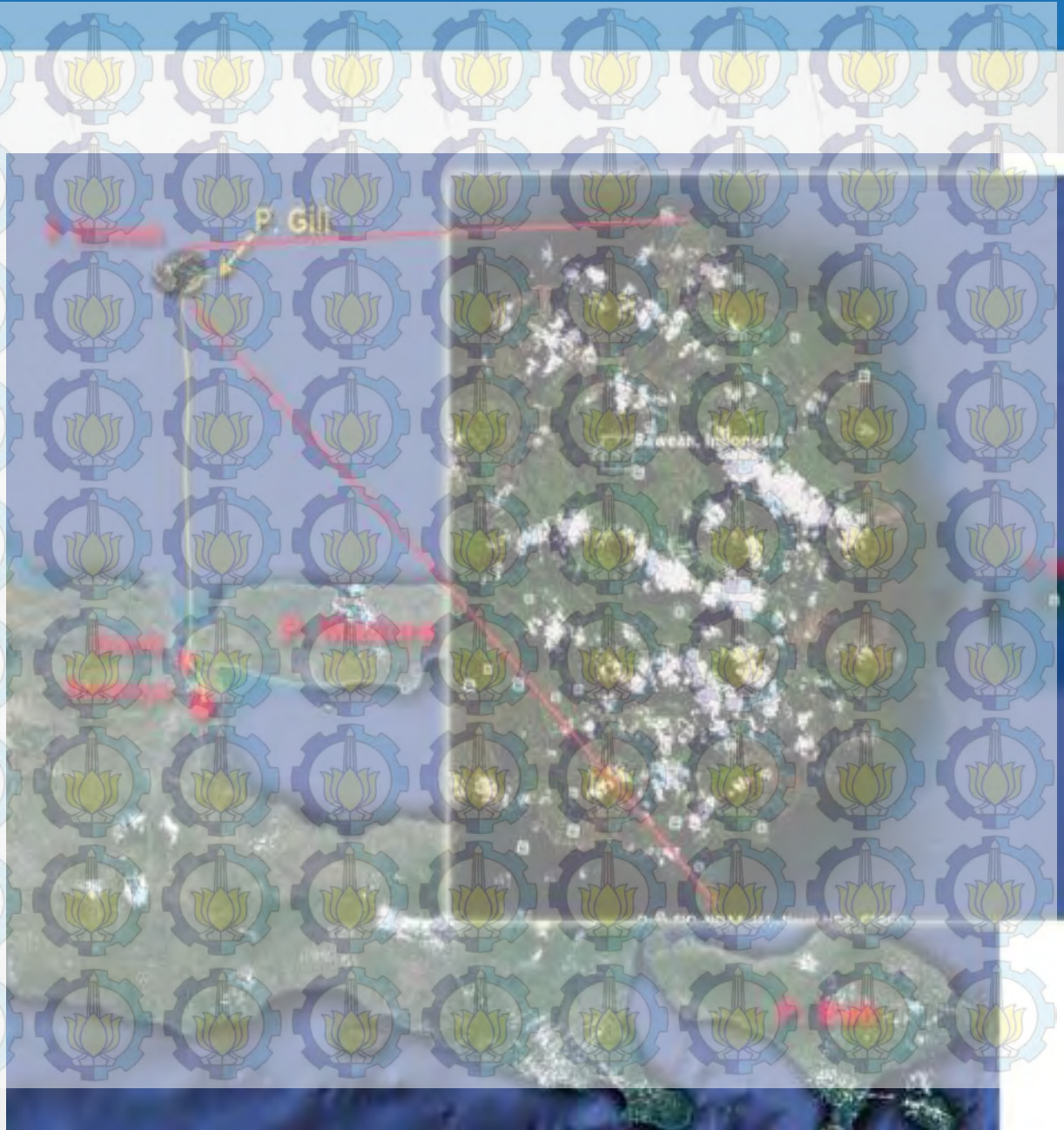
Membandingkan MFO dengan CNG

HASIL:
Biaya MFO > biaya CNG

Cipto Hadi "*Kajian Teknis Dan Ekonomis Pengganti Sistem Bahan Bakar Residu Menjadi Gas Pada PT. Indonesia Power Ubp Perak-Grati Sub Unit Perak*"

PULAU BAWEAN

disuplay 4 unit Pembangkit Listrik tenaga Diesel (PLTD) dengan daya yang dihasilkan sebesar 2.500 kilo watt (KW).



BAHAN BAKAR GAS



Bahan Bakar Gas merupakan gas alam yang telah dimampatkan. Secara umum lebih dari 80% komponen gas bumi yang dipakai sebagai BBG merupakan gas metana, 10%-15% gas etana,

PROSES TRANSFER GAS

PROSES di UP GRESIK

Gas Station di
PLTG Gresik

Gas
Tapping

Piping ke
Kompresor

Pre-treat
plant

CNG
Kompresor

Piping
dermaga

PROSES di TRANSPORTASI

Dermaga
P. Bawean

Kapal lain menuju
P. Bawean

CNG Storage (skid)
di land-land

Flexible Hose

PROSES di P. BAWEAN

Flexible
Hose

Piping menuju
CNG Station

Kompresor
Dual-Header Station

skid

PRU

Engine
Gas

KOMPRESOR



berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida mampu mampat, yaitu gas atau udara.

PIPING SYSTEM

seluruh sistem perpipaan yang terinterkoneksi pada mother dan daughter station, dan pada sistem loading dan unloading



KAPAL PENGANGKUT CNG

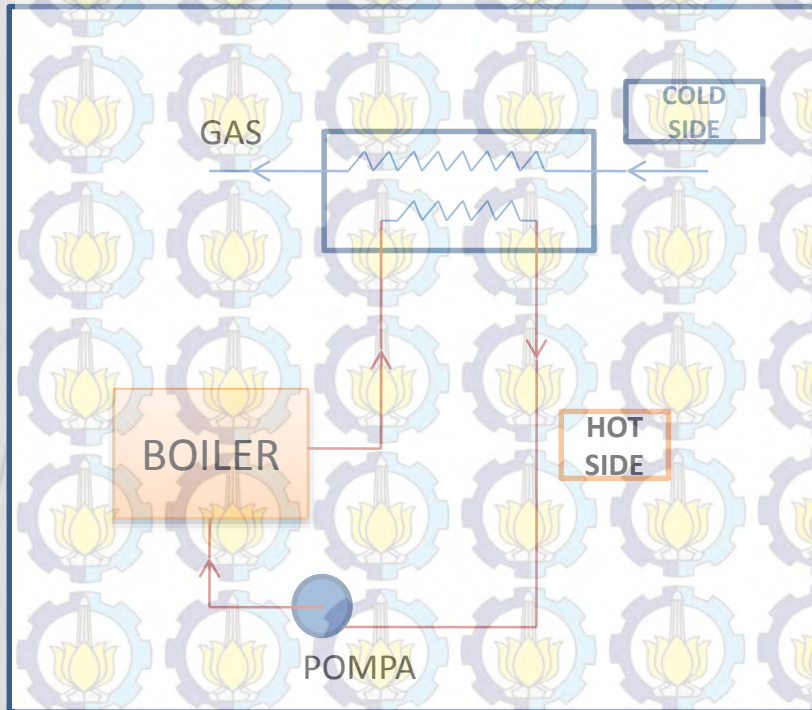
Berfungsi untuk mengangkut gas dari Gresik menuju Bawean

CNG STORAGE (SKID)

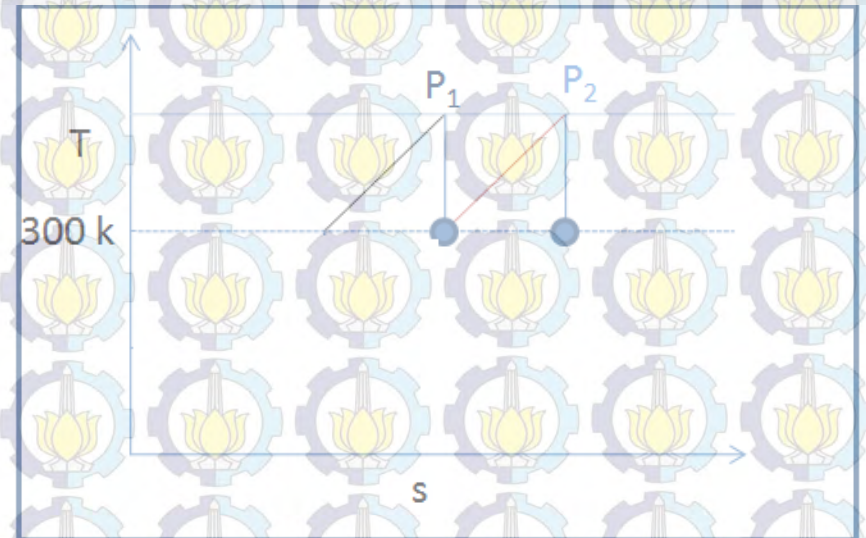
Tempat penyimpanan gas dalam bentuk tabung



PRESSURE REDUCING UNIT



digunakan untuk menurunkan tekanan menjadi tekanan masuk yang di isyaratkan pembangkit



PIPING SYSTEM

MENENTUKAN PANJANG ,DIAMETER DAN WALL THICKNESS PIPA SELANJUTNYA
MENYESUAIKAN DENGAN KATALOG

DIAMETER PIPA

$$v = 14,739 \left(\frac{P_b}{T_b} \right) \left(\frac{ZT}{P} \right) \left(\frac{Q}{D^2} \right)$$

Dimana: V= Kecepatan aliran gas(m/s)

Pb= Tekanan base(bar)

Tb=Temperatur base (K)

Z= faktor kompresibilitas zat(1)

T=temperatur gas(K)

P=Tekanan gas(Bar)

Q=Kapasitas gas(m³/s)

D=Diameter pipa(inchi)

- Wall Thickness pipa

$$t = \frac{P \times D}{2 \times S \times T \times F \times E}$$

Dimana:

P= Tekanan inlet pipa (Psig)

D= diameter pipa (in)

S= Yield Strength (ASME B31.8 Table D-1)

T= Temperatur derating factor (ASME B31.8 Table 841.1.8-1)

F= Design Factor (ASME B31.8 Table 841.1.6-1)

E= Longitudinal Joint Factor (ASME B31.8 Table 841.1.7-1)

PRESSURE DROP PIPA

$$p_1^2 - p_2^2 = \left[L_m Z S^{0.961} T_1 \left(\frac{Q}{0.028E} \right)^{1.96} X \left[\frac{1}{d^{4.96}} \right] \right]$$

Dimana:

L_m =panjang pipa(inchi)

Z = compressibility factor ($z=1$ untuk standard condition)

S =specific gravity gas ($S=1$)

T_1 =temperatur inlet pipa (K)

E = efisiensi factor ($E=0.92$)

d =internal diameter pipa (in)

Q =flowrate (m^3/s)

BALANCE MASSA

$$\frac{dm_{cv}}{dt} = \sum_e \dot{m}_e - \sum_i \dot{m}_i$$

$$\sum_e \dot{m}_e = \sum_i \dot{m}_i$$

BALANCE ENERGI

$$\frac{dm_{cv}}{dt} = \dot{Q}_{cv} - \dot{W}_{cv} + \dot{m}_i \left(h_i + \frac{v_i^2}{2} + gz_i \right) - \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right)$$

$$\dot{W}_{cv} = \dot{m}(h_i - h_e)$$

Untuk gas ideal

$$\dot{m}(h_i - h_e) = \dot{m}c_p(T_i - T_e)$$

Dimana: $\dot{W}_{cv} = \text{kerja } \left(\frac{\text{kJ}}{\text{s}}\right)$

$\dot{m} = \text{lajumassa (kg/s)}$

$h = \text{enthalpi (kJ/kg)}$

BIAYA INVESTASI

$$F = p \left[1 + \frac{i}{12} \right]^n$$

Dimana F= Future

P= investasi

i=bunga bank (%)

n = waktu (bulan ke)

BIAYA PRODUKSI

$$pv = s \left[\frac{1 - \left(\frac{1}{1+i} \right)^N}{i} \right]$$

Dimana Pv= Present value

s= biaya produksi gas (Rp/MMBTU)

i=bunga bank (%)

N = waktu (bulan ke)

LANGKAH ANALISA TEKNIK

Menentukan peralatan utama pada sistem PLTMG

Menghitung kebutuhan listrik di P Bawean

Mengetahui daya pemakaian listrik tertinggi

Mencari gas engine sesuai daya tertinggi

Mencari spesifikasi skid

Menentukan penampung gas di pulau Bawean

Menghitung konsumsi gas per hari di P.Bawean

Menghitung sfc gas engine

Menentukan cara pengangkutan gas dari gresik ke bawean

Menentukan banyaknya gas di P.Bawean untuk storage dan operasional

Mencari spesifikasi skid



**Menghitung jumlah skid
yang diperlukan**

**Menghitung
spesifikasi
kompresor berdasar
kapasitas gas**

Menghitung pipa di gresik

**Mengetahui kondisi
masuk gas engine**

**Menghitung spesifikasi
kompresor di Bawean**

**Menghitung pipa di
Bawean**

Menentukan PRU

ANALISA PEROLEHAN HARGA GAS

**BIAYA
INVESTASI**

CNG
KOMPRESOR

CNG
STORAGE

PRU

KAPAL
LAUT

PIPA

**BIAYA
OPERASI**

DAYA
KOMPRESOR

PEMANASAN
PRU

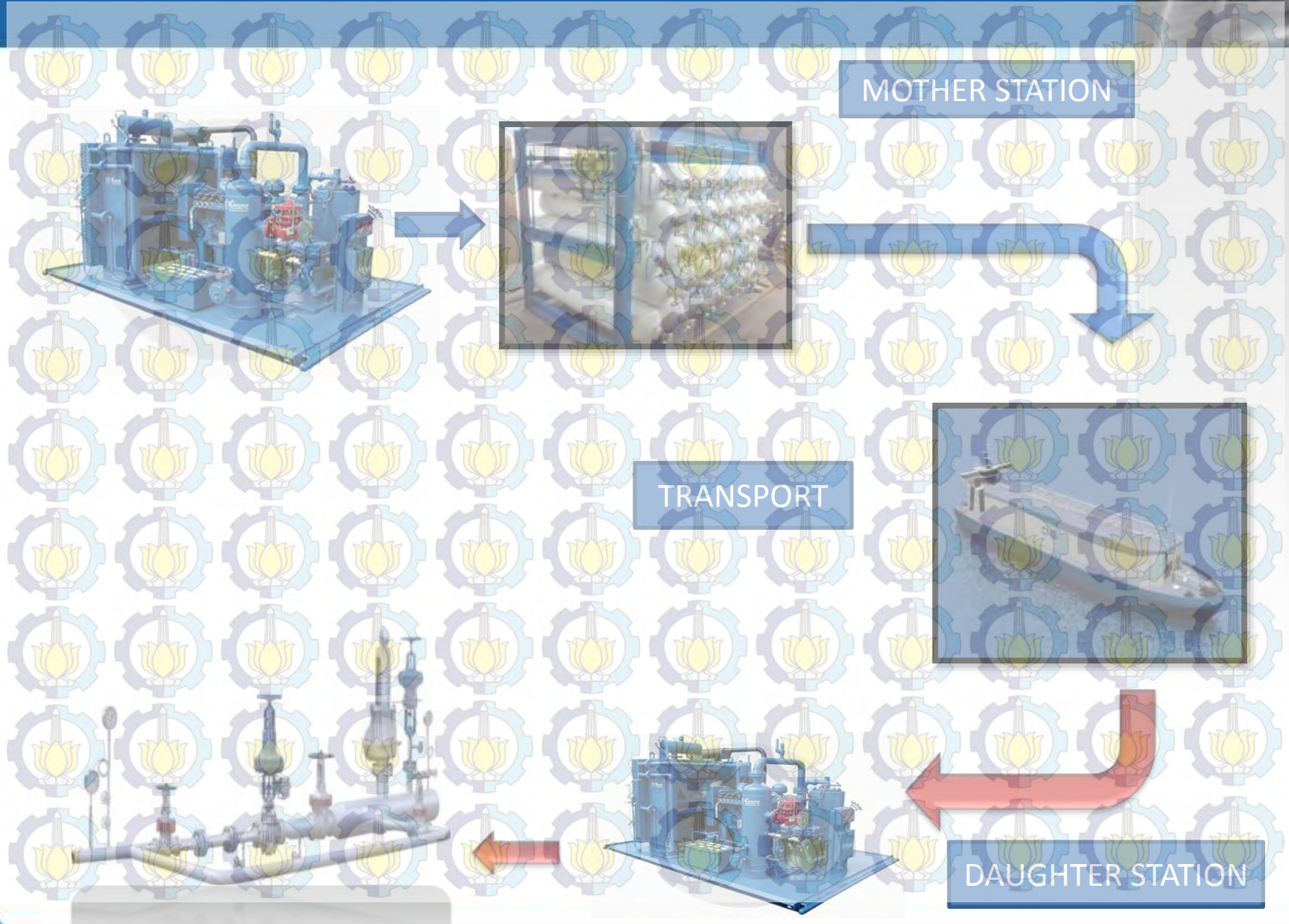
BAHAN BAKAR
KAPAL

**HARGA
PEROLEHAN
GAS**

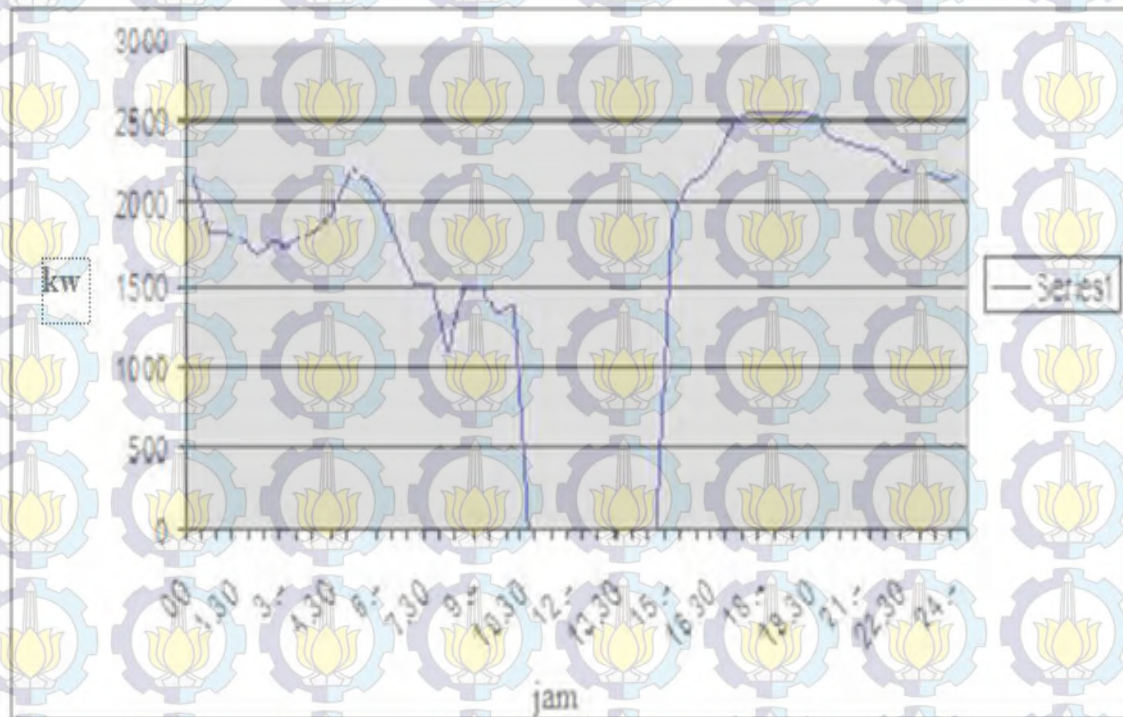
BIAYA INVESTASI + BIAYA OPERASI + BIAYA GAS

KONSUMSI GAS PER TAHUN

SKEMA TRANSFER GAS DARI GRESIK KE BAWEAN



Analisa Teknik



Kebutuhan listrik
perhari 42,043
MWH

Total Konsumsi
gas per hari 0,35
MMSCFD

**TOTAL KONSUMSI GAS= PRODUKSI LISTRIK
X SFC GAS ENGINE**

Pemilihan engine Berdasarkan konsumsi daya listrik tertinggi. Yaitu 2500 kw

Berdasarkan RUPTL 2015-2024 peningkatan kebutuhan listrik 8,7%

**Daya yang dipilih
 $(1+(8,7\% \times 3)) \times 2500 \text{ KW} = 3200 \text{ KW}$**

**Engine yang dipilih
JENBACHER 3
Jumlah 3 engine @1067kw**

✚ Perhitungan flow gas (sumber: wikipedia)

$$Q = \frac{P}{\eta} \times \frac{1}{\text{Heating Value}}$$

$$Q = \frac{1067 \text{ kw}}{0,412} \times \frac{1}{1000 \frac{\text{Btu}}{\text{scf}}} \times \frac{3412,14 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{1 \text{ kw}}$$

$$Q = 8836,780049 \frac{\text{scf}}{\text{h}}$$

Perhitungan Heat Rate (sumber www.t2e3.com)

$$\text{heat rate} = \frac{\text{flow gas} \times \text{heating value}}{\text{power output}}$$

$$\text{heat rate} = \frac{8836,780049 \frac{\text{scf}}{\text{h}} \times 1000 \frac{\text{Btu}}{\text{scf}}}{1067 \text{ kw}}$$

$$\text{heat rate} = 8281,893204 \frac{\text{Btu}}{\text{kWH}}$$

specific Fuel Consumption

$$\text{SFC} = 8281,893204 \frac{\text{Btu}}{\text{kWH}} \times \frac{1 \text{ scf}}{1000 \text{ btu}} \times \frac{1000 \text{ kwh}}{1 \text{ MWH}}$$

$$\text{SFC} = 8281,893204 \frac{\text{scf}}{\text{MWH}}$$

Konsumsi gas

$$\text{konsumsi gas} = \text{produksi listrik} \times \text{sfc}$$

$$\text{konsumsi gas} = 42,043 \frac{\text{MWH}}{\text{D}} \times 8281,893204 \frac{\text{scf}}{\text{MWH}}$$

$$\text{konsumsi gas} = 348 195,636 \frac{\text{SCF}}{\text{D}}$$

$$\text{konsumsi gas} = 348 195,636 \frac{\text{SCF}}{\text{D}} \times \frac{1 \text{ MMSCF}}{1000 000 \text{ scf}}$$

$$\text{konsumsi gas} = 0,348 195636 \frac{\text{MMSCF}}{\text{D}}$$

$$\text{konsumsi gas} = 0,35 \frac{\text{MMSCF}}{\text{D}}$$

Total Konsumsi
gas per hari 0,35
MMSCFD

PERHITUNGAN PERPIPAAN

Langkah

$$v = 14,739 \left(\frac{P_b}{T_b} \right) \left(\frac{ZT}{P} \right) \left(\frac{Q}{D^2} \right)$$

$$t = \frac{Px D}{2xSxTx Fx E}$$

Dicari diameter pipa dan wall thicness pipa kemudian menentukan jenis pipa yang akan dipakai

HASIL

LOKASI	KET.	Jenis Pipa
Mother stat.	gas tapping-kompresor	diameter 3 in schedule 40
	kompresor-dermaga	diameter 1 in schedule xxs
daughter stat.	dermaga-daughter s.	diameter 1 in schedule xxs

PERHITUNGAN KOMPRESOR

$$\text{Kapasitas komp.} = 6 \times 0,35 \frac{\text{MMSCF}}{\text{Day}} \times \frac{1 \text{ Day}}{8 \text{ h}} \times \frac{1000000 \text{ SCF}}{1 \text{ MMSCF}}$$

$$= 262\,500 \text{ SCFH}$$

$$\text{Kapasitas kompresor} = 262\,500 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} \times \frac{(0,3048)^3 \text{ m}^3}{1 \text{ ft}^3}$$

$$= 7433,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

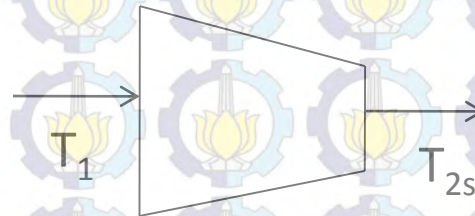
$$= 7433,2 \text{ NCMH}$$

Diambil faktor keamanan 30%, sehingga
Kapasitas kompresor = $(1+0,3) \times 7433,2 \text{ NCMH}$

Kapasitas kompresor = 9663,124 NCMH

Kapasitas kompresor yang dipilih:

3 kompresor dengan kapasitas masing-masing 4831,6 NCMH dengan kondisi 2 beroperasi dan 1 standby.



Dimana
 $m_{gas} = \rho_{gas} \times Q_{gas}$
 $m_{gas} = 0,74 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 2,68 \text{ m}^3/\text{s}$
 $m_{gas} = 1,99 \text{ kg/s}$
 $W_{cs} = 1,99 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \times 486,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$W_{cs} = 965,42 \text{ KJ/s}$$

$$W_{cs} = 965,42 \text{ KW}$$

$$W_{ca} = \frac{W_{cs}}{\eta_{kompresor}}$$

$$W_{ca} = \frac{965,42 \text{ kJ/s}}{0,85}$$

$$W_{ca} = 1135,79 \text{ kJ/s}$$

$$W_{motor} = \frac{W_{ca}}{\eta_{motor}}$$

$$W_{motor} = \frac{1135,79 \text{ kJ/s}}{0,85}$$

$$W_{motor} = 1336,22 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 1336,22 \text{ kw}$$

$$\frac{T_{2s}}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}$$

$$T_{2s} = T_1 \times \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}$$

$$T_{2s} = 303,15 \times \left(\frac{250}{22}\right)^{(1,27-1)/1,27}$$

$$T_{2s} = 508,23 \text{ K}$$

$$W_{cs} = m \times C_p \times [T_{2s} - T_1]$$

$$W_{cs} = m \times 2,37 \frac{\text{KJ}}{\text{kgK}} \times [508,23 - 303,15] \text{ K}$$

$$W_{cs} = m \times 486,1 \text{ kJ/kg}$$

PEMILIHAN KOMPRESOR

kompresor	Nilai
Inlet Pressure	2 Mpa
Outlet Pressure	25 Mpa
Inlet temperatur	$\leq 30^\circ\text{C}$
Capacity	4831,56 NCMH
Shaft Power	567,89 KW

PERHITUNGAN JUMLAH SKID



PEMILIHAN CNG SKID

Waktu yang dibutuhkan	
Loading	8 jam
Gresik - Bawean	10 jam
Unloading	8 jam
Bawean - Gresik	10 jam
total	36 jam = 2 hari

Kebutuhan gas di Bawean hari

$$\text{Kebutuhan gas} = 0,35 \text{ MMSCFD} = 0,35 \times 28,32 \text{ NCMD}$$

$$\text{Kebutuhan gas} = 9912 \text{ Nm}^3/\text{day}$$

Kebutuhan skid

$$\text{Kapasitas skid yang dipilih} = 4730 \frac{\text{Nm}^3}{\text{day}}$$

$$\text{jumlah skid} = 9912 \frac{\text{Nm}^3}{\text{day}} \times \frac{1 \text{ skid}}{4730 \frac{\text{Nm}^3}{\text{day}}}$$

$$\text{jumlah skid} = 2,095560254 \text{ skid}$$

$$\text{jumlah skid} = 2 \text{ skid}$$

CNG Storage	Ket.
Total weight	29886 kg
Jumlah tube	8 tube
Tekanan kerja	25 Mpa
Temperatur	-40 °C – 60 °C
kapasitas	5218 NCMH
Effective gas delivered per skid	4730 NCMH
Dimenston	12192x2438x1400 mm
Price	USD 189000/unit

	waktu (hari)	banyak skid
operasional	3	6
buffer storage	3	6
total		12

PERHITUNGAN KAPAL

Kapal yang berlayar harus mampu membawa muatan seberat skid

Sehingga berat total = $29886 \text{ kg} \times 12$

= 358632 kg

Dead weight total = $358632 \text{ kg} \times 1,2$

= $431683,2 \text{ kg}$

= $431,7 \text{ ton}$

= 500 ton

Panjang kapal = $12192 \text{ mm} + 12192 \text{ mm} + 5000 \text{ mm} + 5000 \text{ mm} + 5000 \text{ mm}$

Panjang kapal = 39384 mm

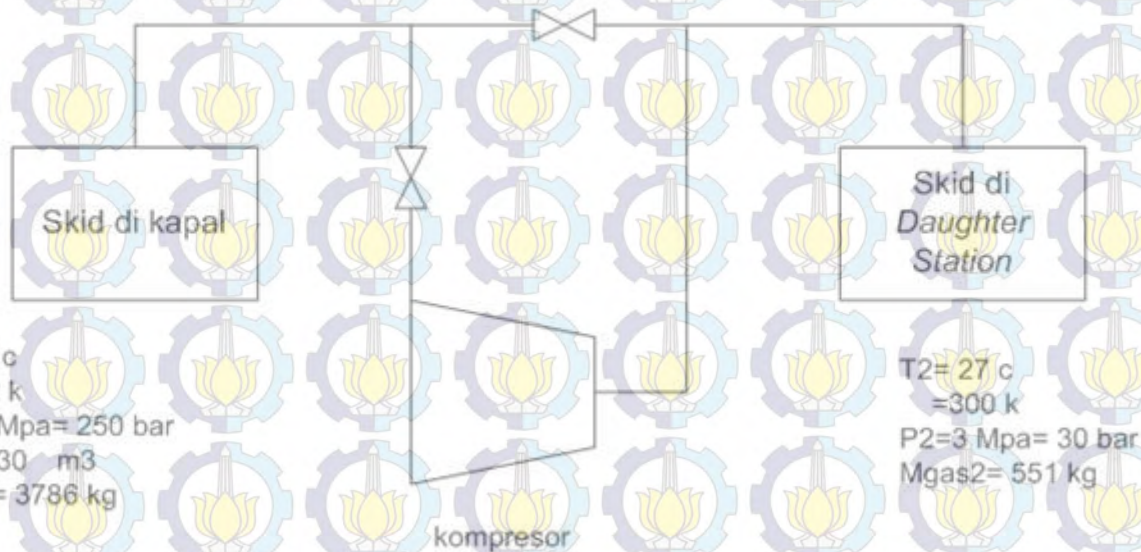
Lebar kapal = $2438 \text{ mm} + 2438 \text{ mm} + 1000 \text{ mm} + 1000 \text{ mm} + 1000 \text{ mm}$

Lebar kapal = 7876 mm

Lebar kapal = $7,9 \text{ m}$

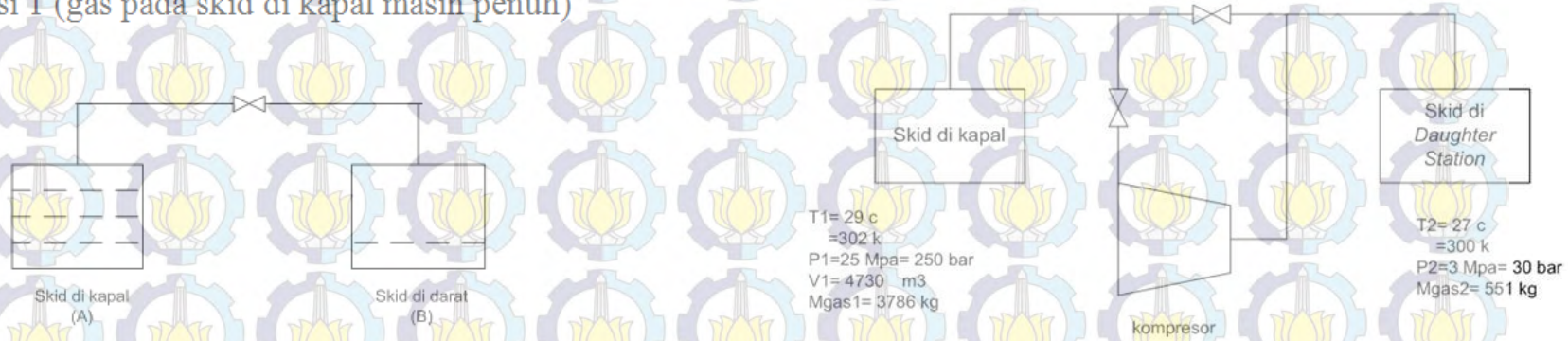
kapal LCT	
Klas	BKI
LOA	48 meter
lebar (B)	9 meter
Tinggi (H)	3,5 meter
main Engine	2x405 HP

PERHITUNGAN KOMPRESOR DI PULAU BAWEAN

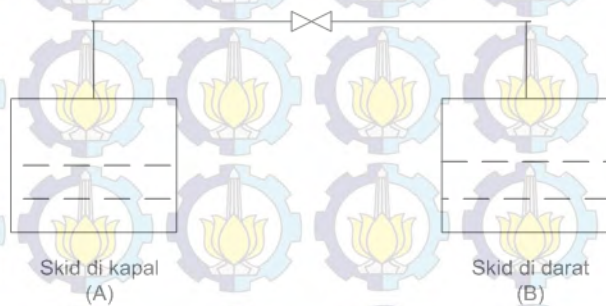


GAS MENGALIR MELALUI PIPA SAMPAI KESETIMBANGANNYA YAITU $T = 311,04\text{ K}$ DAN $P = 133,78\text{ BAR}$ SETELAH ITU PERLU KOMPRESOR UNTUK MENYEDOT SEMUA GAS YANG TERSISA

Kondisi 1 (gas pada skid di kapal masih penuh)



Kondisi 2 (skid di darat dan skid di daughter station mengalami kesetimbangan)



PERHITUNGAN DAYA KOMPRESOR DI BAWEAN

$$\frac{T_{2s}}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}$$

$$T_{2s} = T_1 \times \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}$$

$$T_{2s} = 311,04 \text{ K} \times \left(\frac{250 \text{ bar}}{133,78 \text{ bar}}\right)^{(1,27-1)/1,27}$$

$$T_{2s} = 355,3 \text{ K}$$

$$\dot{W}_{cs} = \dot{m} \times C_p \times [T_{2s} - T_1]$$

$$\dot{W}_{cs} = \dot{m} \times 2,37 \frac{\text{KJ}}{\text{kgK}} \times [355,3 \text{ K} - 311,04 \text{ K}]$$

$$\dot{W}_{cs} = \dot{m} \times 104,9 \text{ kJ/kg}$$

Dimana

$$m_{\text{gas}} = \rho_{\text{gas}} \times v_{\text{gas}}$$

$$m_{\text{gas}} = 0,74 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{4730 \text{ m}^3 \times 12}{2}\right)$$

$$m_{\text{gas}} = 21001,2 \text{ kg}$$

$$m_{\text{gas}} = \frac{21001,2 \text{ kg}}{4 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}}$$

$$m_{\text{gas}} = 1,46 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{W}_{cs} = m_{\text{gas}} \times 104,9 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{W}_{cs} = 1,46 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 104,9 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{W}_{cs} = 152,85 \text{ kJ/s}$$

Diasumsikan efisiensi compresor senilai 85% sehingga

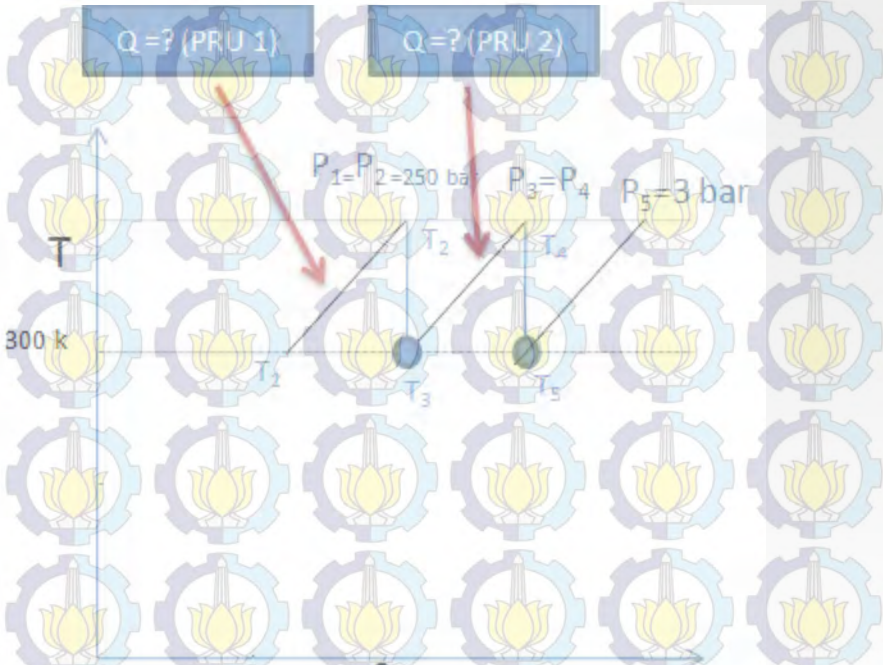
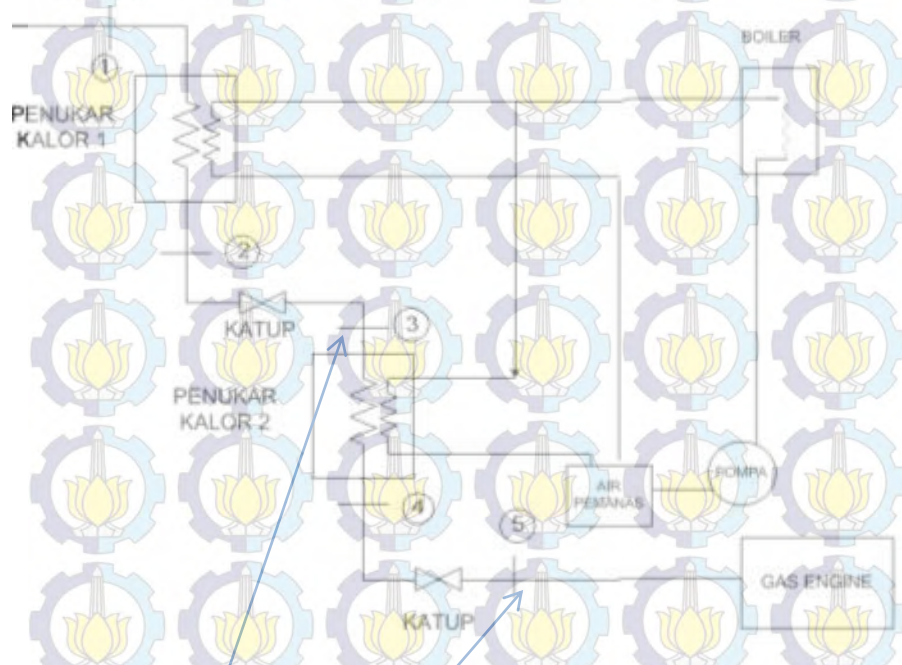
$$\dot{W}_{\text{com}} = \frac{152,85 \text{ kJ/s}}{\eta_{\text{compresor}}}$$

$$\dot{W}_{\text{com}} = \frac{152,85 \text{ kJ/s}}{0,85}$$

$$\dot{W}_{\text{com}} = 179,82 \text{ kJ/s}$$

$$\dot{W}_{\text{com}} = 179,82 \text{ kw}$$

PERHITUNGAN PRU



$Q = ?$ (PRU 1)

$Q = ?$ (PRU 2)

$P_1 = P_2 = 250 \text{ bar}$

$P_3 = P_4$

$P_5 = 3 \text{ bar}$

300 k

S

Temperatur
Dijaga agar tetap
300K

Gas keluar dari kompresor
 $P = 250 \text{ BAR}$ & $T = 300 \text{ K}$
Gas masuk *Gas Engine*
 $P = 3 \text{ BAR}$ & $T = 300 \text{ K}$

	P	T
Kondisi 1	250 bar	300 k
Kondisi 2	250 bar	Belum diketahui
Kondisi 3	Belum diketahui	300 k
Kondisi 4	Belum diketahui	Belum diketahui
Kondisi 5(masuk GE)	3 bar	300 k

Perhitungan PRU

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{P_2^{\frac{k-1}{k}}}{P_3^{\frac{k-1}{k}}}$$

$$T_2 = T_3 \frac{P_2^{\frac{k-1}{k}}}{P_3^{\frac{k-1}{k}}}$$

$$T_2 = 300K \left(\frac{250 \text{ bar}}{27,38 \text{ bar}} \right)^{\frac{1,27-1}{1,27}}$$

$$T_2 = 480,09 K$$

PRU digunakan terus menerus selama 24 jam.

$$\text{laju alir gas} = 0,35 \text{ MMSCFD}$$

$$\text{laju alir gas} = 0,35 \text{ MMSCFD} \times \frac{1000000 \frac{\text{ft}^3}{\text{day}}}{1 \text{ MMSCFD}} \times \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ hour}} \times \frac{1 \text{ hour}}{3600 \text{ s}}$$

$$\text{laju alir gas} = 0,35 \text{ MMSCFD} \times \frac{1000000 \frac{\text{ft}^3}{\text{day}}}{1 \text{ MMSCFD}} \times \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ hour}} \times \frac{1 \text{ hour}}{3600 \text{ s}} \times \frac{(0,3048)^3 \text{ m}^3}{\text{ft}^3}$$

$$\text{laju alir gas} = 0,115 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Kalor yang diperlukan oleh penukar kalor 1 adalah sebagai berikut:

$$Q = \rho x V x c_p x (T_2 - T_1)$$

$$Q = 0,64 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,115 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 2,37 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \times (480,09 K - 300K)$$

$$Q = 31,41 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$Q = 31,41 \text{ KW}$$

$$Q = 31,41 \text{ kw} + 31,41 \text{ kw}$$

$$Q = 62,82 \text{ KW}$$

SPESIFIKASI PRU

Pin= 250 bar

Daya = 31,41 kw

Asumsi Perhitungan Harga Gas

1 Waktu yang diperlukan untuk balik modal 15 tahun

2 Nilai tukar uang 1 USD = Rp 13 227,00

3 Waktu pembangunan CNG 1 tahun

4 Produksi gas dimulai pada tahun ke-2

HARGA ALAT UTAMA

komponen	USD/UNIT	unit	Rp/unit	Harga Total
cng skid	150000	24	Rp 3.600.000	Rp 47.617.200.000
cng kompresor	333890,9	3	Rp 1.001.673	Rp 13.249.124.803
cng kompresor	145032,57	3	Rp 435.098	Rp 5.755.037.410
PRU	130000	2	Rp 260.000	Rp 3.439.020.000
kapal	453617,6004	1	Rp 453.618	Rp 6.000.000.000
pipa			Rp 23.355.575	Rp 23.355.575
total				Rp 76.083.737.788

PERHITUNGAN BIAJA INVESTASI

$$F = p [1 + i/12]^n$$

Dimana: F=Biaya Investasi

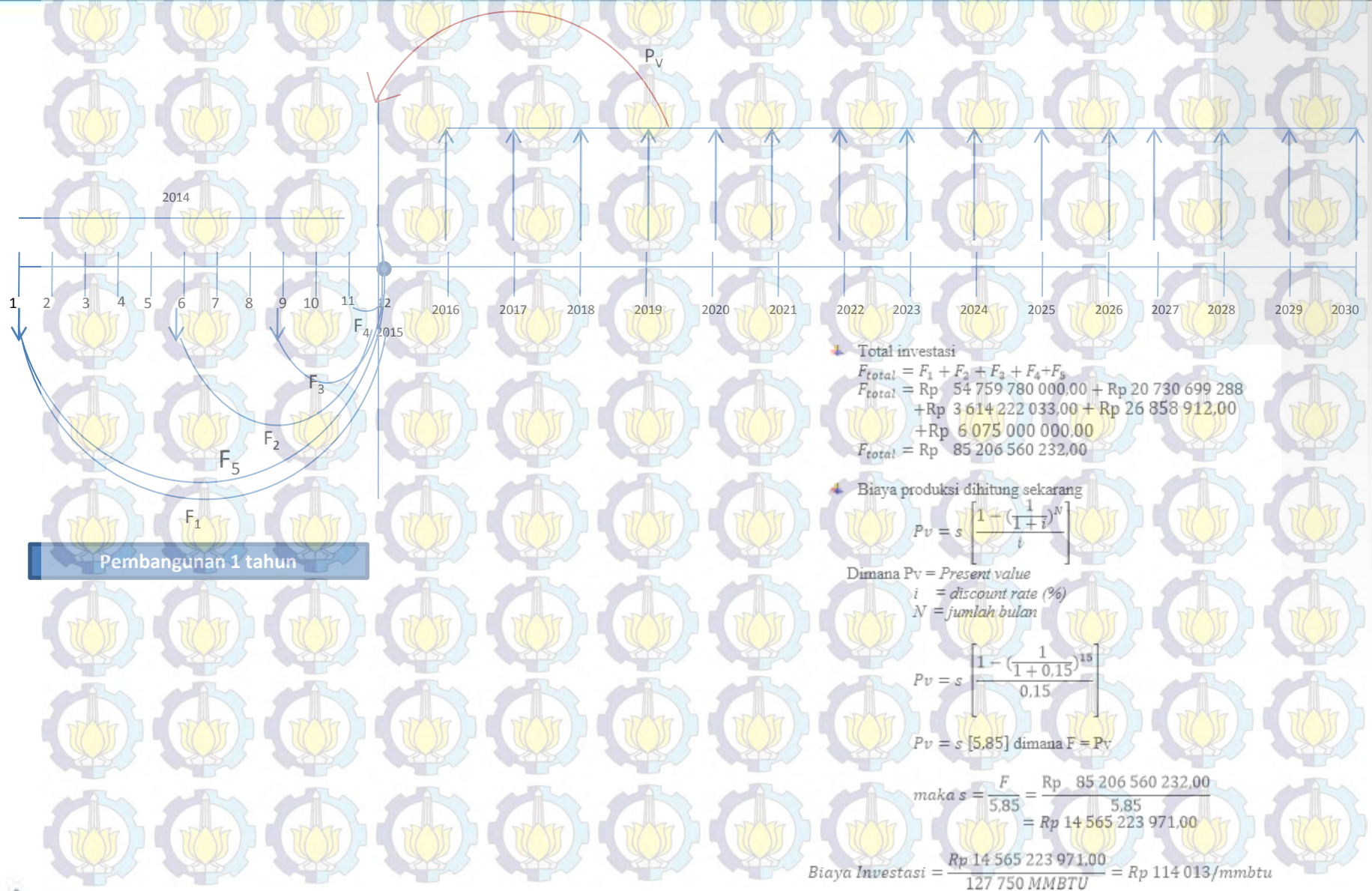
P= Harga komponen

i= bunga bank (%)

n= Bulan ke

	Biaya Investasi	Total Investasi
F1		Rp 54.759.780.000
F2		Rp 20.730.699.288
F3		Rp 3.614.222.033
F4		Rp 6.075.000.000
F5		Rp 26.858.912
TOTAL		Rp 85.206.560.232

SKEMA MENGHITUNG BIAYA INVESTASI



$$P_v = s \left[\frac{1 - \left(\frac{1}{1+i} \right)^N}{i} \right]$$

dimana : s= biaya produksi

$P_v = F$

N= jumlah bulan

KOMPONEN

CNG STORAGE

Rp 54.759.780.000

CNG KOMPRESOR

Rp 20.730.699.288

PRS

Rp 3.614.222.033

KAPAL

Rp 6.075.000.000

PIPA

Rp 26.858.912

Rp 85.206.560.232

Biaya produksi karena investasi :

Rp 114 013,00

Biaya Kompresi Gresik

keterangan	Daya kompresor (kw)	pemakaian	harga /kwh	Total
Pemanasan	1135,79	8 jam	Rp 1115,00	Rp 2 026 249 360
Biaya lain	56,8	8 jam	Rp 1115,00	Rp 101 312 468
Biaya maintenance	Asumsi 5 %			Rp 106 378 091
Biaya lainnya	Asumsi 5%			Rp 106 378 091
B.Tenaga kerja	Asumsi 4 Orang Rp 5000 000/bulan			Rp 240 000 000
Total				Rp 2 473 939 938
Unit cost	Unit cost=total /konsumsi gas per tahun			Rp 19 365/ MMBTU

BIAYA OPERASI KAPAL

- Konsumsi BB Kapal

$$F_c = \text{BHP} \times \text{SFOC} \times t$$

- Power kapal SPOB
2x405 HP

- Engine YANMAR

$$\text{HV MFO} = 18000 \text{ BTU/LBM}$$

Contoh Perhitungan

$$F_c = BHP \times SFOC \times t$$

Dimana $t = s/v$

t = time (hour)

s = jarak (nm)

v = kecepatan kapal (knot)

$$t = \frac{80 \text{ nm}}{8 \text{ knot}} = \frac{80 \text{ nm}}{80 \text{ nm/hr}} = 10 \text{ hr}$$

Engine kapal adalah YANMAR
2X405 HP , FUEL CONSUMPTION 215
g/kwhour

$$F_c = BHP \times SFOC \times t$$

$$F_c = 810 \text{ HP} \times 430 \frac{\text{g}}{\text{kwh}} \times 10 \text{ hr} \times \frac{1 \text{ kw}}{1,341022 \text{ hp}}$$

$$F_c = 2.597.272,83 \text{ g}$$

$$F_c = 2,6 \text{ ton}$$

$$\text{volume bahan bakar} = \frac{2,6 \text{ ton}}{0,985 \text{ ton/m}^3}$$

$$v = 2,64 \text{ m}^3$$

$$v = 2,64 \text{ m}^3$$

$$v = 2640 \text{ liter}$$

$$\text{biaya} = 2640 \text{ liter} \times \text{Rp } 10.313,05/\text{liter}$$

$$\text{biaya} = \text{Rp } 27.226.320,00$$

$$\text{biaya pp} = 2 \times \text{Rp } 27.226.320,00$$

$$\text{biaya pp} = \text{Rp } 54.452.640,00$$

Biaya PP dalam 1 tahun :

$$\text{Biaya pp} = \text{Rp } 54.452.640,00 \times 5 \times 12 = \text{Rp } 3.267.158.400,00$$

Biaya bahan bakar untuk Loading Unloading
diperkirakan setengah dari bahan bakar kapal saat
perjalanan

BIAYA TRANSPORTASI LAUT

kebutuhan	keterangan	Total
Perawatan kapal	Asumsi 5% per tahun dari harga kapal	Rp 300 000 000
Biaya asuransi	Asumsi 1,15% per tahun	Rp 69 000 000
Biaya bahan bakar		Rp 3267 158 400
Biaya load-unload		Rp 1 311 819 960
Biaya Tenaga kerja	Asumsi 8 Orang Rp 5000 000/bulan	Rp 480 000 000
Biaya oil	Asumsi 15%	Rp 686 846 754
Total		Rp 5 634 825 114
Unit cost	Unit cost=total /konsumsi gas per tahun	Rp44 108,22/ MMBTU

KOMPRESI BAWEAN

keterangan	Daya kompresor (kw)	pemakaian	harga /kwh	Total (dalam setahun (200 hari)
pemanasan	179,82			
Biaya lain	8,96	4 jam	Rp 1115,00	
Total	188,81			Rp 168 419 412
Biaya maintenance	Asumsi 5 %			Rp 8 420 970
Biaya lainnya	Asumsi 5%			Rp 8 420 970
B.Tenaga kerja	Asumsi 4 Orang Rp 5000 000/bulan			Rp 240 000 000
Total				Rp 425 361 363
Unit cost	Unit cost=total /konsumsi gas per tahun			Rp 3328,9/ MMBTU

BIAYA DEKOMPRESI

Keterangan	Daya PRU(KW)	pemakaian	harga /kwh	Total
pemanasan	62,83	24 jam	Rp 1115,00	
Biaya lain	12,564	24jam	Rp 1115,00	
Total				Rp 736 305 681,6
Biaya maintenance	Asumsi 10 %			Rp 73 630 568,16
B.Tenaga kerja	Asumsi 6 Orang	Rp 5000 000/bulan		Rp 360 000 000
Total				Rp 1 206 751 534,00
Unit cost	Unit cost=total /konsumsi gas per tahun			Rp 9446,2/ MMBTU

Hasil perhitungan perpipaaan

Diameter	jenis pipa	Harga (USD)	Panjang	T0tal Harga (Rp)
3,00	PIPE SCH 40 CS A106-B SMLS BE	19,83	250,00	826,25
1,00	PIPE XXS CS A106-B SMLS PE (NACE)	10,83	100,00	180,5
1,00	PIPE XXS CS A106-B SMLS PE (NACE)	10,83	200,00	361
	FLEXIBLE HOSE	199,00	2,00	398
TOTAL				1765,75 Rp 23.355.575

Harga Perolehan gas

ket	
1. BIAYA INVESTASI	
1.1 peralatan utama	Rp 114.013
2. BIAYA OPERASI	
2.1 Kompresi Gresik	Rp 19.365
2.2 Transport Laut	Rp 44.108
2.3 Kompresi Bawean	Rp 3.329
2.4 Dekompresi Bawean	Rp 9.446
2.5 Perawatan Pipa	Rp 9
Harga Perolehan	Rp 190.271

HARGA PEROLEHAN GAS

Rp 190.271/ MMBTU x 0,0367 MMBTU/1 Lt Hsd

Rp 6983/1liter HSD

1 liter HSD = 36,7 SFC gas alam

= 36,7x1000 BTU

1 liter HSD=36700 BTU

=0,0367 MMBTU

HARGA PEROLEHAN GAS

HARGA POKOK GAS = USD 7/MMBTU
=USD7/MMBTU x Rp 13 227 /1USD
=Rp 92 589 /MMBTU

HARGA POKOK
=Rp 92 589 /MMBTU x 0,0367 MMBTU/1 liter HSD
=Rp 3 398,00/1liter hsd

HARGA GAS
Rp 6 983,00+ Rp 3 398,00
Rp 10 381,00

PERBANDINGAN HARGA GAS DENGAN HSD

HARGA GAS
Rp 10 381, 00

HARGA HSD
(per Mei 2015)

Sumber : Pertamina

Rp 11 060,27

Keuntungan memakai gas sebesar
 $\text{Rp } 11\,060,27 - \text{Rp } 10\,203,60 = \text{Rp } 856,67$

BERAPAKAH PENGHEMATAN YANG DILAKUKAN DENGAN MEMAKAI BBG?

KONSUMSI LISTRIK=42,043MWH / Hari

Konsumsi selama 1 tahun

= 42,043 MWH /HARI x 365 hari/tahun

= 15 345,7 mwh/tahun

= 15 345,7 mwh/tahun : eff diesel

= 15 345,7 mwh/tahun : 0,4

=38 364,25 MWH

=38364,25 x 1000 kwhx kj/sx3600 s

=1,382x10¹¹kj

=1,382x10¹¹kj x 1 BTU/1,055 kj

=1,31 x 10¹¹BTU

1,31 x 10¹¹BTu/36700 btu/liter hsd

= 3 569 482,289 lt HSD x Rp 679,27

= Rp 2 424 642 234,00

= Rp 2,5 M

KESIMPULAN

1

Spesifikasi peralatan utama dan pendukung dalam pembangunan PLTMG adalah sbb:

No	Peralatan	Spesifikasi
1	Gas Engine	Jenbacher daya 1067 kw sebanyak 3
2	CNG Kompresor CNG Kompresor Bawean	Daya=567,89kw, kapasitas 4831,6 NCMH Daya =179,82 KW
3	CNG Storage	Tekanan kerja= 25MPa, Tkerja=-40°C-60°C, jumlah skid=12 skid.
4	PRU	Pin=250 bar, Pout=3 bar, daya=30-45 KW
5	KAPAL	LOA 48 m, lebar 9 m, tinggi 3,5 m, main engine 2x405 HP
6	Pipa dari gas tapping- kompresor	PIPE SCH 40 diameter 3 in
7	Pipa dari skid ke kompresor	PIPE SCH XXS diameter 1 in
8	Pipa dari dermaga ke daughter station	PIPE SCH XXS diameter 1 in

KESIMPULAN

2

harga perolehan gas di Pulau Bawean adalah Rp 10 381,60

3

Harga perolehan gas di Pulau Bawean yakni Rp 10 381,0 0 lebih murah dibandingkan dengan harga 1 liter HSD yang berkisar Rp 11 060,27



SEKIAN
DAN
TERIMA KASIH